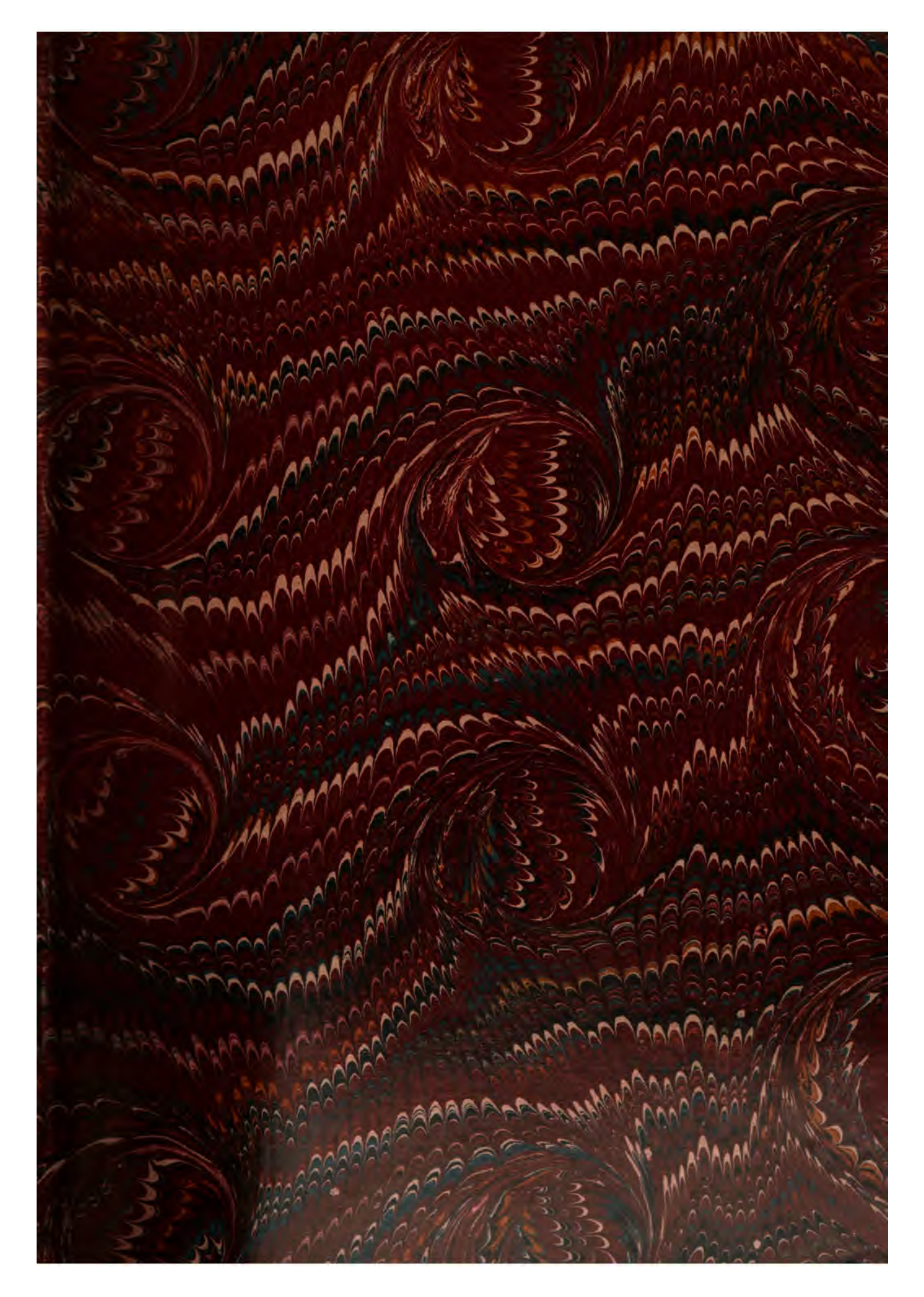

Library
of the
University of Wisconsin



Band IV.

Die Versorgung der Städte mit Leuchtgas

Von

Moritz Niemann

Oberingenieur in Dessau.

Heft I: Das Leuchtgas als Mittel zur Versorgung der Städte mit Licht, Kraft und Wärme. — Verschiedene Arten von Leuchtgas. — Darstellung und Verteilung von Steinkohlen-Leuchtgas. — Leistungsfähigkeit und Wachstum der Gasanstalten. — Schwankungen des Gasverbrauches. — Gasanstalten als Lichtzentralen. — Gasanstalten als Kraftzentralen. — Gasanstalten als Wärmezentralen. — Gasverlust. Mit 5 Illustrationen im Text. *Preis: 4 Mark.*

II. Heft: Verteilung des Leuchtgases durch das Stadtrohrnetz — Einteilung (Geschichtliches über Straßenbeleuchtung). — Anordnung und Berechnung der Hauptröhren. — Herstellung der Hauptröhren. — Zweigleitungen und Straßenbeleuchtung. Mit 47 Illustrationen im Text und 3 Diagrammen. *Preis: 6 Mark.*

Das **III. (Schluß-) Heft** dieses Bandes wird enthalten: Eigenschaften des Leuchtgases und der Steinkohlen, sowie auch der Nebenprodukte. — Fabrikation des Leuchtgases. — Rechts- und Eigentumsverhältnisse. Verwaltung und Betrieb.

Band V.

Die Versorgung der Städte mit Elektrizität

Von

Oskar von Miller

Baurat und Professor in München.

I. Heft: Einleitung. — Konsumerhebung. — Berechnung der Leitungsnetze. — Stromverteilungssysteme. Mit 90 Illustrationen im Text und 12 Farbendrucktafeln. (Vergriffen.)

II. Heft: Grundstücke für Elektrizitätswerke. — Bauliche Anlagen für Zentralstationen mit Dampf-, Gas-, Petroleum- und Wasserkraftbetrieb. — Maschinelle Einrichtung von Elektrizitätswerken für die verschiedenen Betriebskräfte. — Elektrische Einrichtung von Zentralstationen und Unterstationen für die verschiedenen Stromsysteme. — Ausführung der Leitungsnetze. — Elektrizitätszähler. — Straßenbeleuchtung. Mit 352 Illustrationen im Text und 14 Plänen. *Preis 18 Mark.*

Das **III. (Schluß-) Heft** dieses Bandes wird enthalten: Verträge über den Bau und Betrieb, die Verpachtung und Konzessionierung von Elektrizitätswerken. — Offertbedingungen für Lieferungen. — Herstellung von Kostenanschlägen, Betriebskostenberechnungen und Erläuterungsberichten. — Beispiel über die vollständige Projektierung und Ausführung eines Elektrizitätswerkes.

Sämtliche vorstehend angeführte Bände sind, soweit nicht bereits erschienen, in der Bearbeitung begriffen, und es ist ihr Erscheinen in rascher Folge zu erwarten.

„Der Städtische Tiefbau“ ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen die ersten Hefte der einzelnen Bände auch zur Ansicht senden. Jeder Band bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist einzeln käuflich. Wo der Bezug auf Hindernisse stösst, wende man sich direkt an die Verlagsbuchhandlung.

Leipzig,
im Juni 1908.

Alfred Kröner Verlag.

DER STÄDTISCHE TIEFBAU.

IM VEREIN MIT FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN VON

Dr. phil. und Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT, Geheimer Baurat u. Professor in Darmstadt.

BAND II.

DIE

WASSERVERSORGUNG

DER STÄDTE.

ZWEITE ABTEILUNG:

EINZELBESTANDTEILE DER WASSERLEITUNGEN.

VON

OTTO LUEGER

UNTER MITWIRKUNG VON ERNST FISCHER, MASCHINENINGENIEUR.

MIT 754 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ILLUSTRATIONEN.



LEIPZIG 1908.

ALFRED KRÖNER VERLAG.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Die Wasserversorgung der Städte.

Inhaltsverzeichnis der zweiten Abteilung.

V. Abschnitt.

Einzelbestandteile der Wasserleitungen.

Berichtigungen:

Seite 66, Zeile 1 von unten lies: „S. 120" hinter Pos. 37.
„ 147, „ 4 u. 5 von oben lies: „verschieben" und „Inkrustationen" statt „Inrschieben" und „vekrustationen".
„ 147, „ 30 von unten lies: „vielerlei" statt „vielerle".
„ 164, „ 6 „ „ „ „die" statt „der".
„ 182, „ 5 „ „ „ „v" statt „v,".
„ 188, „ 13 „ „ „ „Journ. f. Gasbel. u. Wasservers." statt „Ebenda".
„ 280, Fig. 446 ist umzukehren.
„ 318, Zeile 14 von oben lies: „Bauverwaltung" statt „Bauw."
„ 325, Fig. 493, I lies: $h = \frac{p_0}{\gamma} - 10$ statt $h = \frac{p_0}{\gamma} - 1$.

V. Abschnitt.

Einzelbestandteile der Wasserleitungen.

Einleitung.

Bei der Wahl der Einzelbestandteile einer Wasserleitungsanlage, also der Röhren, der Armaturen und deren Einfügung, ist nicht in allen Fällen der Praxis volle Freiheit gegeben. Sehr häufig sind aus lokalen bezw. sogenannten lokalpatriotischen Gründen die Baumaterialien und Armaturen zum vornherein bestimmt und es ist Bedingung des Auftraggebers, andere nicht zu verwenden. Auch ist festzustellen, daß bezüglich der Einfügung von Einzelbestandteilen in die Wasserleitung gewisse Vorurteile herrschen: in Norddeutschland z. B. werden zur Unterbringung von Armaturen selten gemauerte Schächte verwendet, während in dem größten Teile Süddeutschlands letztere reichlich Anwendung finden, ja sogar Hydranten in Schächte gelegt werden u. s. f. Noch größer sind die Vorurteile in Bezug auf das Material der Röhren, der Ausläufe etc. Es steht hier meist Ansicht gegen Ansicht, ohne daß die gewichtigsten Gründe Aussicht hätten, bei dem einzelnen eine Änderung zu bewirken. Für unsere Meinung soll unter sonst gleichen Umständen das Kostenminimum die Entscheidung geben, wenn nicht zum vornherein zweifellos die Rücksichten auf Dauerhaftigkeit und Zugänglichkeit der Armaturen das Billigere ausschließen. Im übrigen ist es unvermeidlich, daß die persönliche Ansicht des Verfassers in den Vordergrund tritt.

Es sollen nun in Abschnitt V die Einzelbestandteile der Wasserleitungen in folgende Unterabteilungen gebracht werden:

§ 53. Röhren, Formstücke und Verbindungen derselben. Teilkasten, Streifkasten, Kompensationen, Dichtungen, Schläuche und biegsame Metallröhren.

§ 54. Absperr- und Regulierungsvorrichtungen, insbesondere Schleusen, Schieber, Ventile, Hähne, Klappen etc.

§ 55. Apparate zum Ablassen der Luft aus den Leitungen: Standröhren, Luftschrauben, selbstwirkende Luftventile, ständig laufende Brunnen, Einrichtungen an Heberleitungen etc.

§ 56. Leerläufe und Spülapparate an Teilkasten, an Rohrleitungen, Dückerleitungen und Reservoiren.

§ 57. Hydranten.

§ 58. Freistehende Brunnen zur Wasserentnahme; ständig laufende Brunnen, Hahn- bezw. Ventilbrunnen, Zierbrunnen etc.

§ 59. Haus- und gewerbliche Einrichtungen, soweit dieselben nicht schon in anderen Abteilungen des Städtischen Tiefbaues behandelt sind.

§ 60. Wassermesser für Haus und Gewerbe und Filtermeßvorrichtungen.

§ 61. Verschiedene Details: Einsteigeschachte, Schachtdeckel, Schutzröhren und Straßenkappen, Windkessel, Seiher, Bezeichnungen für die Lage der Einzelteile im Rohrnetz, Frostschutzeinrichtungen, Wasserstandszeiger, Fernmeldevorrichtungen etc.

Die Literatur soll chronologisch geordnet jeweils bei den einzelnen Paragraphen angeführt und insbesondere auch dort in umfassender Weise angegeben werden, wo, wie in § 59, ein näheres Eingehen auf den Gegenstand selbst nicht vorgesehen ist. Besondere Aufmerksamkeit ist der Patentliteratur gewidmet, um das Buch auch für die Fabrikanten der Einzelbestandteile wertvoll zu gestalten. Bestehende Lehrbücher werden im Text zitiert, auch wenn sie in früheren Abschnitten bereits genannt sein sollten.

Daß in der Anführung von Konstruktionen durch Zeichnung eine gewisse Beschränkung geboten war, ist selbstverständlich. Alle Abbildungen sind in den Text eingefügt worden.

Im Interesse der Allgemeinverständlichkeit sind in dieser Abteilung alle Rechnungen, die sich auf Dimensionen und Wirkungsweise der Einzelbestandteile von Wasserversorgungen beziehen, mit Absicht möglichst einfach gehalten.

§ 53. Röhren, Formstücke und Verbindungen derselben.

Im allgemeinen versteht man unter Rohr einen Hohlzylinder von ringförmigem Querschnitte und überall gleicher Wandstärke; da die Herstellung solcher Hohlzylinder nur in beschränkter Länge erfolgen kann, müssen zum Zwecke der Erbauung einer längeren Rohrleitung die einzelnen Röhren durch sogenannte Rohrverbindungen zusammengehalten werden.

Wir unterscheiden im folgenden je nach dem Hauptbestandteile der Rohrwand: Aluminiumröhren, Asphaltröhren, Bleiröhren, Eisenröhren, Holzröhren, Kupferröhren, Röhren aus Metalllegierungen, Tonröhren (Steinzeugröhren), Zementröhren, Zinnröhren. Über Askanialithröhren, Glasröhren, Papierröhren etc., die für Wasserleitungszwecke selten Verwendung finden, werden wir nur einige Literaturangaben machen.

Gerade Stücke mit undurchbrochenem Mantel bilden den Hauptbestandteil jeder längeren Rohrleitung; außerdem können Bogenröhren (Krümmer), Abzweigröhren, Übergangsstücke etc. in die Rohrleitung eingebaut sein, die man unter dem Namen **Formstücke** zusammenfaßt. Zu den letzteren zählt man sodann noch die an den Kreuzungspunkten von Rohrleitungen angelegten **Teilkasten** (Teilkugeln, Kreuzstücke); ferner die zum Reinigen von Rohrsträngen da und dort noch angeordneten **Streifkasten,** sowie endlich die zur Ermöglichung von Ausdehnungen und Zusammenziehungen angebrachten **Ausgleichstücke** (Kompensationsröhren).

Im Interesse einer rationellen und billigen Bauweise werden heutzutage die am meisten gebrauchten Einzelbestandteile einer Rohrleitung nach bestimmten Normen gleichartig hergestellt; doch ist dies selbstverständlich nur für die am häufigsten vorkommenden (normalen) Beanspruchungen durchführbar, was bei den einzelnen Sorten erläutert werden wird.

Wenn die Röhren in der ganzen Ausdehnung einer Leitung biegsam und nicht in die Erde verlegt sind, nennt man sie **Schläuche** und die entsprechende Leitung eine **Schlauchleitung.**

Die **zulässigen Spannungen und Pressungen** in den Rohrwandungen richten sich bekanntlich nicht nur nach der Art des Materiales, sondern auch nach der Art der Inanspruchnahme (ruhende oder schwankende Belastung) und der Temperatur des in den Röhren bewegten Wassers. Ist bei demselben Material der Rohrwand die innere Wasserpressung gleichbleibend (z. B. bei Druckrohrleitungen von Quellen nach Zwischenbehältern oder Reservoiren), so darf das Material stärker beansprucht werden, als wenn — wie z. B. bei Rohrnetzen — die Wasserpressung eine innerhalb weiter Grenzen schwankende oder gar regelmäßig stoßweise auftretende ist. Die Temperatur des in Wasserleitungen transportierten Wassers erfährt dagegen in den gewöhnlich vorkommenden Fällen nur geringe Änderungen; es sind also hierauf besondere Rücksichten nur ausnahmsweise zu nehmen.

Die Rohrleitungen unterliegen sowohl inneren als äußeren Pressungen; die ersteren werden hervorgerufen durch den Flüssigkeitsdruck im Rohre, die letzteren durch äußeren Druck, der entweder von der Umgebung des Rohres (Druck der Atmosphäre, Druck der Erde, in welche das Rohr eingebettet ist, Druck des Grundwassers etc.) oder von der Mantelkonstruktion des Rohres selbst herrühren kann. Im letzteren Falle sucht

man manchmal durch künstliche Herstellung einer Druckspannung von außen (z. B. bei Holzröhren, die ähnlich wie Fässer aus einzelnen Dauben hergestellt sind, durch Umlegen eiserner Bänder, die mittels Schrauben gespannt werden, bei Metallröhren durch Aufziehen von erwärmten Ringen über ein Kernrohr, durch warm oder kalt aufgezogene Drahtumwicklungen etc.) die durch den inneren Flüssigkeitsdruck hervorgerufene Zugspannung an der Innenwand eines Rohres zu verringern oder überhaupt nicht aufkommen zu lassen. Häufig müssen auch Schläuche durch Umwicklungen gegen äußeren Überdruck (z. B. bei Saugleitungen) geschützt werden u. s. w. Alle im Boden liegenden Leitungen müssen in geleertem Zustande den Pressungen, die das Erdreich hervorruft, Widerstand leisten können.

Diesen Verhältnissen entsprechend ist im allgemeinen die Anordnung der Rohrwand zu treffen bezw. die Wandstärke der letzteren zu bestimmen. Besteht die Rohrwand nur aus gleichem, isotropem Material, so gelten für die Bestimmung der Wandstärke folgende Beziehungen:

1) Elementare Berechnung der Wandstärke.

Bezeichnet man in Fig. 1 mit:



D die Lichtweite des kreisrunden Rohres in Zentimeter,

δ die Wandstärke desselben in Zentimeter,

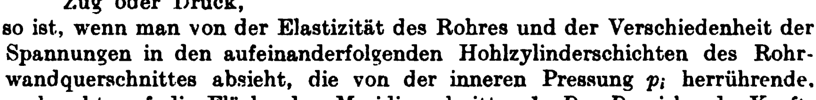


p_i den Wasserdruck im Rohre in Kilogramm - Quadratzentimeter (= dem in metrischen Atmosphären angegebenen Druck),

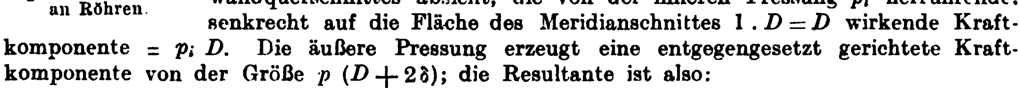
p den äußeren Druck auf das Rohr in Kilogramm - Quadratzentimeter,

k die Beanspruchung des Materials der Rohrwand von der Stärke δ auf Zug oder Druck,

Fig. 1. Druckkräfte an Röhren.



so ist, wenn man von der Elastizität des Rohres und der Verschiedenheit der Spannungen in den aufeinanderfolgenden Hohlzylinderschichten des Rohrwandquerschnittes absieht, die von der inneren Pressung p_i herrührende, senkrecht auf die Fläche des Meridianschnittes $1 \, . \, D = D$ wirkende Kraftkomponente $= p_i \, D$. Die äußere Pressung erzeugt eine entgegengesetzt gerichtete Kraftkomponente von der Größe $p \, (D + 2\delta)$; die Resultante ist also:



$$p_i \, D - p \, (D + 2\delta).$$

Diese wirkt auf die Meridianschnittfläche der Rohrwand von der Größe $2 \, . \, 1 \, . \, \delta = 2\delta$; die Zug- oder Druckbeanspruchung $2\delta k$ ist also:

$$2\delta k = p_i \, D - p \, (D + 2\delta),$$

woraus folgt:

$$1) \quad \delta = \frac{D \, (p_i - p)}{2 \, (k + p)}; \qquad 2) \quad k = \frac{D}{2\delta} \, (p_i - p) - p;$$

$$3) \quad p_i = \frac{2\delta}{D} \, (k + p) + p; \qquad 4) \quad p = \frac{p_i \, D - 2\delta k}{D + 2\delta}.$$

Ergibt die Gleichung 2) für k einen positiven Wert, so entsteht Zugspannung; im anderen Falle Druckspannung in der Rohrwand.

Ist der äußere Druck auf das Rohr gleich der atmosphärischen Pressung p_o und bezeichnet man mit $p = p_i - p_o$ den sogenannten Überdruck des Wassers im Rohrinneren, so wird:

$$p_i \, D - p_o \, (D + 2\delta) = p \, D - 2 \, p_o \, \delta$$

und das zweite Glied auf der rechten Seite der Gleichung ist so klein gegenüber dem ersten, daß es in der Praxis vernachlässigt werden kann. Geschieht dies, so wird $2\delta k = p D$ und man hat:

$$5) \quad \delta = \frac{p \, D}{2 \, k}; \qquad 6) \quad k = \frac{p \, D}{2\delta}; \qquad 7) \quad p = \frac{2\delta k}{D}.$$

Der Wert von k ist unter allen Umständen positiv; es entsteht also nur Zugspannung (k_z) in der Rohrwand.

Wird unter p der äußere Überdruck verstanden, so gelten ebenfalls die Gleichungen 5), 6) und 7); k wird dann Druckspannung. Die Formeln ergeben für alle Röhren, deren Wanddicke δ im Verhältnis zum Durchmesser D klein ist ($\delta \leq \frac{D}{6}$) und bei Pressungen p, die nicht über $k_z : 3$ hinausgehen, annähernd richtige Resultate (vgl. 3).

2) Wandstärkenberechnung mit Rücksicht auf die Elastizität des Materials.

Bei Beachtung der Elastizitätsgesetze ergibt sich, daß die Annahme einer gleichmäßigen Materialspannung im Rohrquerschnitt, wie sie unter 1 vorausgesetzt wurde, nicht zutrifft. Die Beanspruchung der innersten Hohlzylinderschichte der Rohrwand ist ein Maximum, gleichviel ob innerer oder äußerer Überdruck dieselbe veranlaßt; sie nimmt im Falle inneren Überdruckes von innen nach außen allmählich ab und im Falle äußeren Überdruckes von außen nach innen allmählich zu. Außerdem ist die spezifische Spannung oder Pressung davon beeinflußt, ob in axialer Richtung des Rohres Kräfte tätig sind oder nicht. Die Wirkung dieser Verhältnisse darf bei kleineren Rohrweiten, in welchen $\frac{\delta}{D} \geqq 0{,}2$ ist, oder dann, wenn die Flüssigkeitspressung im Rohrinnern mehr als 50 Atmosphären beträgt, nicht mehr außer acht gelassen werden.

Bei Röhren mit innerem Überdrucke, welche keine Spannung in Richtung der Längsachse erfahren, wird unter der Annahme gleicher spezifischer Beanspruchung des Materials der Rohrwand die erforderliche Wandstärke größer als bei solchen, welche durch Axialspannung den Druck auf die Stirnflächen auszugleichen haben. Im letzteren Falle wird die Deformation der Rohrwand in radialem Sinn durch die Axialspannung verringert. Bei Röhren mit äußerem Überdrucke wird von der Wirkung der Axialspannung abgesehen.

a) Röhren mit innerem Überdruck ohne Axialspannung. Werden die Röhren, wie dies z. B. bei der Übernahme geschieht, in eine Einspannvorrichtung behufs Probierens mit Wasserdruck gebracht, so ist eine Dehnung in axialer Richtung ausgeschlossen. In diesem Falle hat man nach Grashof (vgl. Abt. I, S. 30 [291]):

$$8)\quad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{k_z + 0{,}7 \,.\, p}{k_z - 1{,}3 \,.\, p}} - 1\right),$$

unter k_z die höchste Tangentialspannung der innersten Hohlzylinderschichte in Kilogramm-Quadratzentimeter und unter p den inneren Überdruck des im Rohre befindlichen Wassers in Atmosphären oder Kilogramm-Quadratzentimeter verstanden. Man erhält hieraus:

$$9)\quad k_z = \frac{0{,}7 + 1{,}3 \,.\, c}{c - 1}\, p; \qquad 10)\quad p = \frac{c - 1}{0{,}7 + 1{,}3 \,.\, c}\, k_z,$$

wenn zur Abkürzung $c = (1 + \frac{2\delta}{D})^2$ gesetzt wird.

Formel 9) dient im wesentlichen zur Feststellung der Zugfestigkeit k_z, welche dadurch erfolgt, daß Röhren bekannter Lichtweite und Wandstärke auf einer Einspannvorrichtung durch inneren Wasserdruck zum Zerreißen gebracht werden.

b) Röhren mit innerem Überdrucke und Axialspannung. Ist der innere Überdruck p, so ist in axialer Richtung in der Rohrleitung eine Pressung $= p \cdot \frac{\pi D^2}{4}$ vorhanden. Diese Pressung wirkt als Zug auf den Ringquerschnitt der Rohrwand, welch letzterer die Größe von $\pi (D + \delta)\,\delta$ oder annähernd von $\pi D \delta$ hat. Die spezifische Beanspruchung in axialer Richtung berechnet sich mithin, da $k \pi D \delta = p \pi \frac{D^2}{4}$ sein muß, zu $k = \frac{pD}{4\delta}$, also etwa zur Hälfte der nach Gleichung 6) annähernd gefundenen Tangentialspannung der innersten Hohlzylinderschichte im Rohr. Nach den Elastizitätsgesetzen bestimmte Bach [28], [31] für diesen Fall genauer die Wandstärke δ zu:

$$11)\quad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{k_z + 0{,}4 \,.\, p}{k_z - 1{,}3 \,.\, p}} - 1\right),$$

woraus sodann mit $c = (1 + \frac{2\delta}{D})^2$ folgt:

$$12)\quad k_z = \frac{0{,}4 + 1{,}3 \,.\, c}{c - 1}\, p; \qquad 13)\quad p = \frac{c - 1}{0{,}4 + 1{,}3 \,.\, c} \cdot k_z.$$

Alle fertig verlegten Rohrstränge verhalten sich entsprechend der Annahme b.

c) Röhren mit äußerem Überdrucke. Beträgt der äußere Überdruck p, und ist k die größte Tangentialpressung an der innersten Hohlzylinderschichte des Rohres, so wird nach Bach [28], [31]:

$$14)\quad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{k}{k - 1{,}7 \,.\, p}} - 1\right),$$

woraus dann wieder mit $c = (1 + \frac{2\delta}{D})^2$ folgt:

$$15)\quad k = \frac{1{,}7 \, . \, c}{c - 1} p; \qquad 16)\quad p = \frac{c - 1}{1{,}7 \, . \, c} \cdot k.$$

Außerdem besteht eine radiale Zugspannung k_z der Innenfläche, nach welcher man hat:

$$17)\quad \delta = 0{,}5 \, . \, D \left(\sqrt{\frac{k_z}{k_z - 0{,}9 \, . \, p}} - 1 \right),$$

also mit c, wie oben:

$$18)\quad k_z = \frac{0{,}9 \, . \, c}{c - 1} p; \qquad 19)\quad p = \frac{c - 1}{0{,}9 \, . \, c} k_z.$$

Von den zwei Werten, die sich für δ aus Gleichung 14) bezw. 17) ergeben, ist der größere zu wählen.

3) Zulässiger innerer Überdruck in den Rohrleitungen.

Entsprechend der elementaren Berechnung der Wandstärken von Rohrleitungen mit innerem Überdrucke p wäre nach Gleichung 7):

$$p : k_z = 2\delta : D,$$

und so könnte demnach bei gegebenem k_z der Wert von p durch Vergrößerung von δ auf beliebige Höhe gesteigert werden. In Rücksicht auf die Elastizitätsgesetze ist jedoch, wie man ohne weiteres aus Gleichung 11) ersieht, eine Grenze der Steigerung des inneren Überdruckes gegeben. Reelle Werte von δ sind nach dieser Gleichung an die Bedingung gebunden:

$$k_z > 1{,}3 \, . \, p, \quad \text{also} \quad p < 0{,}769 \, . \, k_z,$$

und man findet $\delta = \infty$ für $p = 0{,}769 \, . \, k_z$.

Stellt man für verschiedene Werte von $\delta : D$ die entsprechenden Werte von $p : k_z$ zusammen, so ergibt sich folgendes:

$\delta : D =$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	∞
$p : k_z$ nach Gleichung 7) =	0,10	0,20	0.22	0,25	0,29	0,33	0,40	0,50	0,67	1,00	2,00	∞
$p : k_z$ „ „ 13) =	0,11	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,33	0,38	0,44	0,54	0,66	0,77

Man ersieht, daß Gleichung 7) etwa von $\frac{\delta}{D} = \frac{1}{6}$ aufwärts keine brauchbaren Werte von $p : k_z$ mehr ergibt.

Die Werte der **zulässigen Spannung** k_z werden in der Regel zu einem Fünftel bis zu einem Viertel der **Zugfestigkeit** des Materials angenommen, wenn es sich um Metalle handelt; bei Röhren aus Beton, Glas, Steinzeug, Ton etc. nimmt man k_z zu etwa dem zehnten Teil der Zugfestigkeit an. Näheres darüber bei Betrachtung der einzelnen Röhrengattungen.

Nachdem, wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich, unter Umständen große Wandstärken bezw. sehr viel Material für einen relativ kleinen Gewinn an Widerstandsfähigkeit aufgewendet werden müßte, liegt aus ökonomischen Rücksichten auch dann, wenn das verwendete Material an sich billig ist, die Grenze für die Flüssigkeitspressung in den Rohrleitungen höchstens etwa auf einem Drittel bis zur Hälfte der zulässigen Spannung des Rohrmaterials ($p : k_z = 0{,}33$ bis $0{,}50$). Bei Metallröhren muß noch erheblich weiter — bei Gußeisen etwa auf $p : k_z \leqq 0{,}1$ — herabgegangen werden; so oft $p > 0{,}1 \, . \, k_z$ ist, empfiehlt es sich, zu versuchen, ob nicht widerstandsfähigeres Material (mit größerem k_z) billiger zu konstruieren erlaubt.

Aus den mitgeteilten Formeln läßt sich mit dem analytisch ermittelten Kostenminimum nichts anfangen; man erhält bei der Ableitung — wie selbstverständlich — bei bestimmtem k_z den Wert $p = 0$, bei bestimmtem p den Wert von $k_z = \infty$. Die richtige Wahl des Rohrmateriales erreicht man also nur durch Probieren mit Zuhilfenahme rein praktischer Erwägungen.

Nimmt man die Werte von k_z und p als bekannt an, so erhält man aus Gleichung 11) die Beziehung:

$$20)\quad \delta = n \, D$$

mit $n = 0{,}5 \left(\sqrt{\frac{k_z + 0{,}4 \, p}{k_z - 1{,}3 \, . \, p}} - 1 \right)$. Dieselbe Beziehung erhält man aus Gleichung 7) mit $n = \frac{p}{2 \, k_z}$. Die Resultate nach 7) und 11) sind aber selbstverständlich verschieden.

Bestehen z. B. die **Röhren aus Gußeisen**, so ergibt sich aus 11) mit $k_z = 200$ der Wert von $n = 0{,}5 \left(\sqrt{\frac{200 + 0{,}4 \, . \, p}{200 - 1{,}3 \, . \, p}} - 1 \right)$; nach 7) erhält man $n = 0{,}0025 \, . \, p$. Berechnet man

dementsprechend die Werte von n für verschiedene Pressungen p nach Gleichung 11) und nach Gleichung 7) so ergibt sich folgende Tabelle:

p (kg-qcm) =	5	10	15	20	25	30	33,3	40	50
n nach Gleichung 11) =	0,0109	0,0223	0,0336	0,0467	0,0599	0,0738	0,0834	0,1041	0,1383
n „ „ 7) =	0,0125	0,0250	0,0375	0,0500	0,0625	0,0750	0,0833	0,1000	0,1250
Differenz in Prozent =	+ 14,7	+ 12,1	+ 11,6	+ 7,1	+ 4,3	+ 1,6	± 0	— 4,1	— 10,7

Gleichung 7) gibt mithin in allen Fällen, in welchen die Pressung unter 33,3 Atmosphären liegt, größere Wandstärken δ als Gleichung 11); erst oberhalb dieser Grenze ergibt Gleichung 11) größere Werte von δ.

Bei den meisten, aus gußeisernen Röhren hergestellten Wasserleitungen beträgt der Betriebsdruck im Rohrnetze ca. 3 bis 10 Atmosphären (3 bis 10 Kilogramm pro Quadratzentimeter). *Man kann sich deshalb für die gewöhnlich vorkommenden Fälle der Praxis und bei gußeisernen Leitungsröhren auch dort, wo der Betriebsdruck in Rücksicht auf Widderstöße etc. ausnahmsweise auf das Doppelte der angegebenen Maße steigt, der einfachen Formel 7) bedienen.*

Anders liegt der Fall, wenn es sich, wie z. B. bei *Zementröhren* mit innerem Wasserdruck, um relativ große Wandstärken handelt. In untenstehender Tabelle ist für Zementröhren $k_z = 3$ gesetzt, wobei man erhält:

Durchmesser	Zulässige Zugspannung des Betons $k_z = 3{,}0$ Kilogramm-Quadratzentimeter					
	Wandstärke δ nach Gleichung 7) in Millimeter			Wandstärke δ nach Gleichung 11) in Millimeter		
mm	$p = 1{,}8$, $n = 0{,}3$	$p = 1{,}5$, $n = 0{,}25$	$p = 1$, $n = 0{,}17$	$p = 1{,}8$, $n = 0{,}69$	$p = 1{,}5$, $n = 0{,}43$	$p = 1$, $n = 0{,}21$
100	30	25	17	69	43	21
200	60	50	34	138	86	42
300	90	75	51	207	129	63
400	120	100	68	276	172	84
500	150	125	85	345	215	105
600	180	150	102	414	258	126
700	210	175	119	483	301	147
800	240	200	136	552	344	168
900	270	225	153	621	387	189
1000	300	250	170	690	430	210

Man ersieht ohne weiteres aus der Tabelle, daß in diesem Falle *Gleichung 7) zu unrichtigen — viel zu kleinen — Wandstärken führt.*

Sieht man von dem Materialverbrauch an den Verbindungsstellen der Röhren ab und nimmt dieselben vollständig kreisrund von innen und außen, so ist — alle Maße in Meter — das Volumen an Beton pro Meter Länge: $V = 1 \cdot \pi\,(D + \delta)\,\delta = 3{,}14\,(D\delta + \delta^2)$. Man hat also entsprechend Gleichung 11) die Volumina V in Kubikmeter:

D in Meter:	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0 m
V für $p = 1{,}8$ in cbm:	0,036	0,146	0,328	0,585	0,916	1,318	1,793	2,345	2,968	3,661
V „ $p = 1{,}5$ „ „ :	0,019	0,077	0,174	0,309	0,483	0,695	0,946	1,236	1,565	1,931
V „ $p = 1{,}0$ „ „ :	0,008	0,032	0,072	0,128	0,199	0,287	0,391	0,511	0,646	0,798

Welche große Opfer z. B. für die relativ geringe Druckerhöhung von 1,0 auf 1,8 Atmosphären in diesem Falle gebracht werden müssen, ist ohne weiteres erkenntlich; ebenso ist es leicht, bei bekanntem Betonpreise auszurechnen, von welcher Pressung p ab gußeiserne Röhren billiger werden als Zementröhren.

Wie man in ähnlichen Fällen vorzugehen hat, dürfte klar sein.

4) Äußerer Überdruck bei Rohrleitungen.

Bei der Wasserversorgung sind — wie erwähnt — nicht selten Rohrleitungen zu erbauen, die unter äußerem Überdruck stehen. Bei Unterführungen unter Flüssen, Auflagerung der Röhren auf Flußsohlen oder auf Seeboden, Verlegen unter Grundwasser etc. stehen derartige Leitungen manchmal — solange sie leer sind — unter einem äußeren Überdruck von mehreren Atmosphären; auch in Hochreservoiren, Filtern etc. befinden sich die leeren Standröhren da und dort unter 0,5 Atmosphären äußerem Überdruck und mehr, ebenso bei Saugleitungen.

Normale gußeiserne Röhren sind in nahezu allen derartigen Fällen ausreichend widerstandsfähig; doch empfiehlt es sich immerhin, dies unter der Anwendung von Gleichung 5) bezw. 14) und 17) zu prüfen.

Bei der Festsetzung des äußeren Überdruckes p ist besonders zu beachten, ob nur Wasserdruck oder außerdem auch Erddruck bezw. das Gewicht einer Halbflüssigkeit (Schlamm, Triebsand etc.) belastend wirkt. Im letzteren Falle empfiehlt es sich, p auf das doppelte Maß dessen anzunehmen, das sich ergeben würde, wenn das Rohr mit gleicher Überdeckung im reinen Wasser gelegen wäre.

Werden bei der Durchführung einer Wasserleitung unter Flüssen oder Seen etc. Röhren angewendet, an welchen zur Vermeidung des Flachdrückens in bestimmten Entfernungen l Versteifungsringe angebracht sind, so dient zur Berechnung der Wandstärke nach Bach [28], [31] (gute Herstellung der Kreisform des Rohres vorausgesetzt) die Formel

$$21)\quad \delta = \frac{p\,D}{4\,k}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{a\,l}{p\,(l + D)}}\right]$$

bei Schmiedeisen mit $a = 80$ bis 100 (je nachdem die Längsnaht geschweißt bezw. stumpf gestoßen und innen wie außen gelascht oder einfach überlappt ist), k der zulässigen Druckbeanspruchung und p dem äußeren Überdruck. Bei schmiedeisernen Röhren wählt man $k = 500$.

Äußerer Druck wird auch manchmal künstlich hergestellt, um die Zugspannung k_z an der Innenwand eines Rohres zu reduzieren, wenn dieselbe z. B. ohne diese Maßregel größer würde, als sie das betreffende Material erträgt. Bei Metallröhren kann dies durch Aufziehen warmer Ringe über ein Kernrohr oder durch eine Umwicklung mit Draht von hoher Festigkeit erzielt werden. Unter allen Umständen muß dann das Kernrohr in leerem Zustande die von der Umhüllung herrührende Pressung p ertragen können; entsprechend der Gleichung 14) oder 17) ermittelt sich hiernach die Wandstärke. Die Beanspruchung durch den inneren Wasserdruck p_i ist sodann:

$$22)\quad k_z = \frac{(0{,}4 + 1{,}3\,c)\,(p_i - p)}{c - 1}.$$

Besteht das Rohr aus hölzernen Dauben, die mit Bändern zusammengehalten werden, so muß der durch die Bänder erzeugte äußere Druck p größer als der innere Wasserdruck p_i sein; wir werden gelegentlich darauf zurückkommen.

5) Normale Wandstärken und Gewichte.

Die im Handel vorkommenden Röhren werden in der Regel nach bestimmten Lichtweiten D abgestuft und für bestimmte Pressungen dimensioniert. In diesem Falle erhält man aus den Gleichungen 1), 5), 8), 11), 14) und 17) die Beziehung 20), welche die Wandstärke in der einfachen Form: $\delta = n\,D$ ergibt. Zur Erhöhung der Sicherheit pflegt man jedoch zu der berechneten Wandstärke noch einen Zuschlag z zu nehmen; derselbe hat den Rücksichten auf die Herstellung der Röhren, ihre Behandlung beim Transport und beim Verlegen, die der Rechnung sich entziehende Durchbiegung im Rohrgraben nach dem Wiedereindecken infolge Nachgiebigkeit des Bodens etc. zu entsprechen. Man setzt demgemäß empirisch:

$$23)\quad \delta = n\,D + z.$$

Sieht man zunächst von dem Gewichte der für die Verbindung der Röhren erforderlichen Verstärkungen und besonderen Teile ab, berücksichtigt also nur den Hohlzylinder von der Wandstärke δ, so berechnet sich — alle Maße in Meter genommen und unter γ das Gewicht von einem Kubikmeter des Rohrmaterials in Kilogramm verstanden — pro Meter Länge des Rohres das Volumen V bezw. das Gewicht G:

$$24)\quad V = \pi\,(D\,\delta + \delta^2);\qquad 25)\quad G = \gamma\,.\,V.$$

und man hat:

$$26)\ \gamma = \frac{G}{V}; \qquad 27)\ V = \frac{G}{\gamma}; \qquad 28)\ \delta = \sqrt{\frac{G}{\gamma\pi} + \frac{D^2}{4}} - \frac{D}{2}.$$

Sind diese Gleichungen für Verhältnisse anzuwenden, in welchen z. B. die Rohrgewichte einschließlich der Verbindungsteile (Muffen, Flanschen etc.) für gewisse Baulängen des Rohres angegeben werden, so ist hierauf besondere Rücksicht zu nehmen. Im einzelnen Falle werden wir darauf zurückkommen.

Ist nicht die Lichtweite D, sondern der äußere Durchmesser D_a der Rohrleitung gegeben, so wird:

$$24\,a)\ V = \pi\,(D_a\,\delta - \delta^2); \qquad 28\,a)\ \delta = \frac{D_a}{2} - \sqrt{\frac{D_a^2}{4} - \frac{G}{\gamma\pi}}.$$

Das Verhalten der Röhren gegenüber dem Wasser im Innern [6], [21], [26], [35] und der Einbettung außen ist je nach dem Material verschieden und keineswegs gleichbleibend.

Im Innern der Röhren findet ein mehr oder weniger belangreicher chemischer und mechanischer Angriff des Wassers auf die Rohrwand statt [6], der die letztere oft so wesentlich verändert, daß die ursprünglichen Bedingungen für den Reibungswiderstand bei der Bewegung (vgl. Abt. I, S. 97 ff.) nicht mehr gelten [16]. Außerdem werden durch derartige Angriffe die Rohrwände verschwächt; bei manchen Materialien verändert sich auch die Widerstandsfähigkeit an und für sich, wie z. B. bei korrodiertem Eisen, angefaultem Holz, zersetztem Bindemittel in Zementröhren u. s. w. Je nach der Art des in der Rohrleitung transportierten Wassers bilden sich ferner sogenannte Inkrustationen [16], die zu wesentlichen Querschnittsverengungen führen. Die Beschaffenheit des Wassers selbst — hauptsächlich die Temperatur, der Kohlensäuregehalt, die chemischen und mechanischen Beimengungen — hat sodann einen ganz wesentlichen Einfluß auf die Dauerhaftigkeit eines Rohres bezw. auf die Anforderungen, welchen man bei der Wahl des Materiales gerecht werden muß, wenn eine lange Dauer der Anlage ins Auge gefaßt wird. Endlich ist es auch die Veränderlichkeit der Pressung im Rohre, besonders das Auftreten von Stößen, welche zum vornherein gewisse Materialien von der Verwendung ausschließt.

Im Zusammenhange mit diesen Vorgängen entwickelt sich überdies eine Änderung in der Beschaffenheit des durch eine Leitung geführten Wassers. Zunächst sind hier Temperaturänderungen von einiger Bedeutung, die je nach Länge der Leitung und Wärmeleitungsfähigkeit des Rohrmateriales mehr oder weniger erheblich werden können (vgl. Abt. I, S. 725 ff.). Sodann ist ohne weiteres klar, daß bei den mechanischen und chemischen Angriffen des Wassers auf die Innenwand des Rohres dem Wasser Suspensionen und chemische Lösungen zugeführt werden, die unter Umständen unangenehm sind (Rost aus Eisenröhren, fauliger Geruch bei Holzröhren etc.), ebensowohl aber gesundheitsgefährlich werden können (Bleivergiftung bei Bleiröhren, Grünspan bei Kupfer- und Messingröhren, Zinklösungen u. s. w.).

Die Einbettung der Rohrleitungen in Erde bringt ebenfalls mehr oder weniger belangreiche Veränderungen an den Rohrwandungen und an der Wasserbeschaffenheit im Rohre mit sich. In salzhaltigem oder durch organische Substanz verunreinigtem Boden werden z. B. Metallröhren stark angegriffen [6], [21], [26], ebenso durch die im Wasser enthaltenen Säuren [35]; ist das Rohrmaterial porös (z. B. Zementröhren), so können schädliche Substanzen die Rohrwandungen durchdringen und das durchfließende Wasser infizieren. Erfolgt die Einbettung in nachlässiger Weise oder macht — wie in dem aufgewühlten Untergrunde von großen Städten — der Boden Bewegungen, unter deren Einfluß Undichtigkeiten an den Verbindungsstellen entstehen, so kann ein

Nachsaugen von Unreinigkeiten durch das im Rohre bewegte Wasser (vgl. Abt. I, S. 580 [850]) entstehen, was unter Umständen sehr gesundheitsgefährlich wird. Außerdem bilden sich in Druckleitungen dann, wenn die Zahl der Undichtigkeiten groß ist, bedeutende Wasserverluste aus, worauf wir bereits in Abt. I, S. 597 verwiesen haben [5].

Auch bei der Hausinstallation [8], [10], [11], [12], [13], [35] ist es von Bedeutung, die Einwirkung der Örtlichkeit, in welche die Röhren eingelegt werden, sorgfältig zu berücksichtigen. In allen Fällen, in welchen zeitweise der atmosphärische Überdruck größer wird als die Pressung im Rohre, ist der Luft Gelegenheit geboten, in das Innere der Leitung einzudringen; befinden sich in der Luft schädliche Gase (wie in Kanälen, Aborten etc.), so kann dadurch eine Vergiftung des Wassers erfolgen. Das gleiche tritt ein, wenn Rohrleitungen an solchen Orten zerstört werden. Die Zerstörung der Leitungen erfolgt auch manchmal dann, wenn sie eingemauert (in Mörtel gelegt, eingeputzt etc.) sind, durch die chemische Einwirkung von Kalklösungen. Endlich ist zu erwähnen, daß auch elektrische Strömungen [17], [19] — durch verschiedene Ursachen veranlaßt — zerstörend auf Wasserleitungen einwirken können.

Im allgemeinen kann man deshalb für alle jene Fälle, in welchen die später zu erörternden besonderen Schutzmaßregeln gegen äußere und innere Angriffe auf Wasserröhren nicht oder nicht genügend zuverlässig sind, um eine fortschreitende Verminderung der Widerstandsfähigkeit des Materials zu verhindern, nur empfehlen, die Dauer der Rohrleitungen durch reichliche Bemessung der Wandstärken zu erhöhen, soweit dies an Hand vergleichender Kostenberechnungen oder in Berücksichtigung besonderer Umstände zweckmäßiger erscheint als eine frühzeitige Erneuerung der gelegten Stränge. Der Hauptgesichtspunkt ist indessen die Wahl des richtigen Materials der Röhren unter besonderen örtlichen Umständen, auf welche im folgenden hingewiesen werden soll.

Literatur.

Allgemeines über Röhren:

[1] Leger, Les travaux publics, les mines et la métallurgie aux temps des Romains. Paris 1875. — [2] Fischer, Über das Verhalten von Wasserleitungsröhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 219 (1876), S. 454 (Vgl. auch Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1876, S. 304.) — [3] Deutsches Patentgesetz tritt mit dem 1. Juli 1877 in Kraft. — [4] Verschiedenes über Leitungsröhren für Wasser und Gas. Hannöversches Wochenbl. f. Handel u. Gewerbe. 1878, S. 734. — [5] Die Gefahren schlechter Rohrleitungen. Rohrleger Bd. 3 (1880), S. 14. — [6] Verhalten des Leitungswassers gegen Metallröhren. Zeitschr. f. Metallindustrie. Bd. 2 (1881), S. 421. — [7] Weinhold, A., Anschluß der Blitzableiter an Gas- und Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 25 (1882), S. 392. — [8] König, F., Die Hauswasserleitungen. Leipzig 1882. — [9] Auszug aus den Regulativen und Preistarifen für die Wasserversorgung von 51 Städten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. München 1883. — [10] Beielstein, Die Wasserleitung im Wohngebäude. Weimar 1885. — [11] Frank, A., Material und Dimensionen von Privatleitungsröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1886, S. 602. — [12] Wasserleitungs- und Entwässerungseinrichtungen im Innern der Häuser. Zeitschr. d. Ingen. 1892, S. 937. — [13] Herzberg, Über Wasserleitungs- und Entwässerungseinrichtungen im Innern der Häuser. Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfleißes. Sitzungsber. vom 2. Mai 1892. — [14] Herzberg, A., Über Wasserleitungs- und Entwässerungseinrichtungen im Innern der Häuser. Gesundh.-Ingen. 1892, S. 563. — [15] Aßmann, Bewässerung und Entwässerung von Grundstücken. München 1893. — [16] Reibungsverluste in eisernen Rohrleitungen infolge Inkrustation. Génie civil 1893, S. 11. — [17] Stone, C. A. u. H. C. Forbes, The destructive effects of electric currents on water pipes. Journ. of the new engl. water works association. 1894, S. 139. — [18] Goebel, Festigkeit eines elliptischen Rohres. Glasers Annalen. 1894, Bd. 35, S. 101. — [19] Elektrolytische Zerstörung von Gas- und Wasserleitungen durch vagabundierende Straßenbahnstarkströme. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 757. — [20] Iben, O., Tabellarische Zusammenstellung der Abgabebestimmungen, Wasserpreise, Bedingungen für die Herstellung der Hausleitungen sowie der ortspolizeilichen Vorschriften für die Wasserversorgung von 137 Städten. München 1895. — [21] Petit, R., Einwirkung der Kohlensäure und der Salzlösungen des Wassers auf Eisen. Comptes rend. de l'Acad. des sciences. 1896, S. 1278. — [22] Stende, M., Die Literatur des Gas- und Wasserfaches. München 1896. — [23] Trep-

tow, Berichte über Neuerungen auf dem Gebiete der Wasserleitung und Kanalisation. Dingl. polyt. Journ. Bd. 305 (1897). S. 76, 101, 124, 153, 169, 193, 217, 241. — [24] Bobretzky, Wasserleitung mit konstantem Druckverlust. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1897, S. 521. — [25] Kurgaß, P., Anordnung und Bemessung des Durchmessers der Überlaufrohre an Flüssigkeitsbehältern. Gesundh.-Ingen. 1897, S. 125. — [26] Zerstörung von Wasserleitungsröhren. Stahl u. Eisen. 1899, S. 133. — [27] Wasserschläge in Leitungsrohren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 582. — [28] Bach, C., Die Maschinenelemente. 8. Aufl. Stuttgart 1901. — [29] Brauß, Die Dimensionierung der Wasserleitung für Haus- und Badebedarf. Gesundh.-Ingen. 1901, S. 269. — [30] Mewes, R., Berechnung der Warmwasser, Wasser- und Gasleitungen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 316 (1901), S. 686 u. 698. — [31] Bach, C., Elastizität und Festigkeit. 4. Aufl. Berlin 1902. — [32] Die ökonomische Geschwindigkeit in Wasserdruckrohren ($v = 0,70$ Meter). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 319. — [33] Lange, W., Die Wasserversorgung der Gebäude. Leipzig 1902. — [34] Geißler, Wasser- und Gasanlagen. Journ. f. Gasbel. 1903, S. 16. — [35] Wehner, H., Die Sauerkeit der Gebrauchswasser als Ursache der Rostlust, Bleilösung und Mörtelzerstörung. Frankfurt a. M. 1904. — [35 a] Hochdruckwasserrohrnetz Wiesbaden. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 24. — [35 b] Die Petroleumleitung von Baku am Kaspischen Meer nach Batum am Schwarzen Meer. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1687. — [35 c] Die Verjüngung der Rohrweite bei Hochdruckleitungen, ebenda, S. 1954.

Aluminiumröhren.

Diese bei Wasserversorgungen noch wenig verwendeten Röhren verdienen wegen der Widerstandsfähigkeit des Metalles gegen die Angriffe trockener und feuchter Luft, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und vieler organischer Säuren umsomehr Beachtung, als weder Rost noch Grünspan oder andere giftige chemische Verbindungen die Qualität des durchgeleiteten Wassers zu beeinflussen vermögen. Nur dann, wenn das durch die Röhren zu leitende Wasser in starker Beimischung Salzsäure, Salpetersäure, verdünnte Schwefelsäure oder alkalische Laugen enthält — Zumischungen, die wenigstens bei Trinkwasserversorgungen in schädlicher Menge nicht vorkommen —, wird das Aluminium gelöst. Die Röhren werden zur Zeit nahtlos in glattem Zustande ohne angewalzte Muffen in Längen von 1 bis 5 Meter hergestellt; die Zugfestigkeit kann im Minimum zu 2000 kg-qcm, die zulässige Zugspannung $k_z = 300$ bis 400 kg-qcm angenommen werden. Infolgedessen genügen relativ kleine Wandstärken gegen hohen inneren Druck (vgl. die Tabelle). Das spezifische Gewicht beträgt 2700 Kilogramm; die Röhren sind also wesentlich leichter als alle anderen Metallröhren gleicher Lichtweite und Wandstärke.

Die Verbindung der Aluminiumröhren mittels Muffen ist bis heute noch nicht zur Anwendung gekommen; sie erfolgt vielmehr durch Verschraubung (Nippel) bei den Röhren mit einer Wandstärke von mehr als 1 Millimeter oder in der Weise, daß die Röhren an den Enden zu einem Flansch aufgebördelt und die Flanschen mittels eiserner, auf das Rohr hinter den Flanschen aufgeschobener Ringe zusammengeschraubt werden. Etwa zu der Flanschverbindung verwendetes Kupfer, Rotguß, Messing etc. muß zur Hintanhaltung schädlicher galvanischer Wirkungen verzinkt, verzinnt oder vernickelt werden. Eine etwaige Lötung der Röhren erfolgt am zweckmäßigsten durch das Richardsche Lot mit Phosphorzusatz, das sich wegen seiner Leichtflüssigkeit und seines guten Bindevermögens am besten bewährt hat*). Auch nach dem Verfahren von Oesten D. R.-P. Nr. 64 097 können die schwachwandigen Aluminiumröhren untereinander oder mit anderen Rohrstücken durch hydraulischen Druck mittels der Wasserdruckzange (Fig. 2) einfach und befriedigend verbunden werden.

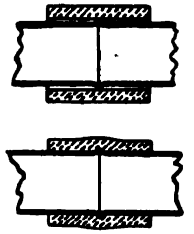


Fig. 2. Verbindung schwachwandiger Aluminiumröhren.

*) Das Aluminiumlot mit Lötvorschrift kann von dem Verkaufsbureau Berlin der Aluminiumindustrie-Aktiengesellschaft Neuhausen bezogen werden; vgl. auch Aluminium und Aluminiumlegierungen, Neuhausen 1901, herausgegeben von der Aluminiumindustrie-Aktiengesellschaft Neuhausen (Rheinfall). Gebrüder Laderer in Cannstatt fertigen ein Aluminiumlot von ca. 1430 kg-qcm Zugfestigkeit, das sehr leicht schmelzbar sein soll.

Die Gewichte der handelsüblichen Röhren sind folgende:

Gewichtstabelle der Aluminiumröhren ($\gamma = 2700$ Kilogramm pro Kubikmeter).

Äußerer Durchmesser	Erforderliche und übliche Wandstärke, erstere berechnet mit $k_z = 300$ nach Gl. 11)				Gewicht des Rohres von 1 Meter Baulänge in Kilogramm bei Wandstärken δ in Millimeter						
	$p = 10$		$p = 20$								
D_a in mm	ber. δ mm	üblich δ mm	ber. δ mm	üblich δ mm	δ 0,5	δ 0,75	δ 1,0	δ 1,25	δ 1.5	δ 1.75	δ 2,0
5	0,07	0,5	0,14	0,5	0,0190	—	—	—	—	—	—
6	0,09	0,5	0,17	0,5	0,0233	—	—	—	—	—	—
8	0,11	0,5	0,23	0,5	0,0317	—	—	—	—	—	—
10	0,14	0,5	0,28	0,5	0,0403	—	—	—	—	—	—
12	0,17	0,5	0,34	0,5	0,0487	—	—	—	—	—	—
15	0,21	0,5	0,43	0,75	0,0612	0,0907	—	—	—	—	—
20	0,28	0,5	0,57	0,75	0,0827	0,1225	—	—	—	—	—
25	0,35	0,5	0,71	0,75	0.1039	0,1543	—	—	—	—	—
30	0,43	0,5	0,85	1,0	0,1250	0,1861	0,2460	—	—	—	—
35	0,50	0,5	0,99	1,0	0,1465	0,2179	0,2884	—	—	—	—
40	0,57	0,75	1.14	1,25	—	0,2497	—	0,4109	—	—	—
45	0,64	0,75	1,28	1,25	—	0,2815	—	0,4639	—	—	—
50	0,71	0,75	1,42	1.25	—	0,3133	—	0,5169	—	—	—
55	0,78	0,75	1,56	1.50	—	0,3451	—	—	0,6807	—	—
60	0,85	1.0	1,70	1.50	—	—	0,5005	—	0,7443	—	—
65	0,92	1,0	1,85	1,75	—	—	0,5429	—	—	0,9389	—
70	0,99	1,0	1,99	1,75	—	—	0,5825	—	—	1,0201	—
80	1,13	1,25	2,27	2,0	—	—	—	0,8350	—	—	1,3232

$$p = 10; \quad \delta \text{ (in Zentimeter)} = 0{,}5 \,.\, D_a \left(1 - \sqrt{\frac{300 - 1{,}3 \,.\, 10}{300 + 0{,}4 \,.\, 10}}\right) = 0{,}01418 \,.\, D_a.$$

$$p = 20; \quad \delta \text{ (in Zentimeter)} = 0{,}5 \,.\, D_a \left(1 - \sqrt{\frac{300 - 1{,}3 \,.\, 20}{300 + 0{,}4 \,.\, 20}}\right) = 0{,}02841 \,.\, D_a.$$

$$\gamma = \frac{G}{\pi\,(D_a\,\delta - \delta^2)}; \qquad G = 2700 \,.\, \pi\,(D_a\,\delta - \delta^2), \text{ wobei } D_a \text{ und } \delta \text{ in Meter.}$$

Wie aus der Tabelle ersichtlich, bleibt bei den kleineren Lichtweiten die berechnete Wandstärke ganz wesentlich hinter der üblichen Wandstärke zurück; letztere muß indessen in Rücksicht auf die Porosität des Materials größer gewählt werden. Bei den Lichtweiten von mehr als 30 Millimeter ist es dagegen zulässig, $k_z > 300$ kg-qcm anzunehmen, d. h. mit der üblichen Wandstärke, wie in der Tabelle geschehen, unter das mit $k_z = 300$ kg-qcm berechnete Maß herabzugehen.

Nach den Mitteilungen des Verkaufsbureaus Berlin der Aluminiumindustrie-Aktiengesellschaft Neuhausen gelten, sofern 25 Kilogramm und darüber bezogen werden, folgende Preisbestimmungen:

Im allgemeinen ist für die äußeren Durchmesser von 20 Millimeter aufwärts und dann, wenn die Wandstärke 1 Millimeter oder mehr beträgt, der Grundpreis von 8 Mark pro Kilogramm anzusetzen. Bei gleicher Wandstärke und kleineren Durchmessern betragen sodann mit

$\delta > 1$ Millimeter und $D_a =$	5—6	7—9	10—15	16—19 Millimeter
die Kosten pro Kilogramm	13,00	11,50	10,00	9,00 Mark.

Für kleinere Wandstärken als $\delta = 1$ Millimeter sind folgende Zuschläge zu berechnen:

für Röhren mit Wandstärken von 0,99—0,75 Millimeter pro Kilogramm 1,00 Mark mehr

" " " " " 0,74—0,50 " " " 1,50 " "

Für Dimensionen, die in vorstehender Tabelle nicht notiert sind, werden besondere Preise berechnet, die sich nach der Größe des Auftrages bemessen.

Wir sind überzeugt, daß bei der sich mehr und mehr verbilligenden Herstellung von Aluminium sich aus diesem Metall die Hauseinrichtungen der Wasserversorgung in vielen Fällen sehr vorteilhaft herstellen lassen würden, besonders dort, wo hoher Druck die Verwendung von Bleiröhren hindert und die Qualität des Wassers galvanisierte schmiedeiserne Röhren verbietet.

Asphaltröhren.

Diese Röhren werden in Lichtweiten von 2 bis 15 Zoll englisch (51 bis 381 Millimeter) aus in geschmolzenem Asphalt getränktem Papier angefertigt und dienen zur Zuleitung oder Ableitung von Flüssigkeiten, die keine höhere Wärme als 30 Grad C. haben; sie werden von sauren oder salzhaltigen Wässern nicht angegriffen, leiden dagegen not, wenn man flüchtige Öle etc. darin fortleitet. Rascher Temperaturwechsel und Frost wirken auf die elastischen und widerstandsfähigen Asphaltröhren nicht so nachteilig ein, wie bei anderen Rohrleitungen; auch unterliegen sie keiner Oxydation, wie die Metallröhren. Die Asphaltrohrleitungen der in untenstehender Tabelle verzeichneten Dimensionen, in welcher auch Gewichte und Preise angegeben sind, können einem Betriebsdruck von ca. 2 Atmosphären Widerstand leisten. Die Baulänge eines geraden Rohres beträgt in der Regel ca. 2 Meter. Die Verbindung der einzelnen Stücke erfolgt mittels Muffen oder Bandagen von gleichem Material. Abzweigungen sind leicht ausführbar, da die Röhren mit gewöhnlichen Instrumenten angebohrt und abgesägt werden können; auch lassen sie sich mit allen anderen Arten von Röhren leicht und gut verbinden. Einen Geruch teilen sie dem abgeleiteten Wasser nur am Anfang mit; später verliert sich derselbe vollständig. Vgl. [36], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44].

Gewichtstabelle der Asphaltröhren ($\gamma = 1200$ Kilogramm).

Preise pro Meter Baulänge.

Lichtweite in englisch. Zoll	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lichtweite in Millimeter	51	63	76	89	102	114	127	140	152	165	178	203	229	254	279	305	330	356	381
Wandstärke in Millimeter	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Gewicht pro Meter in Kilogramm	6,4	7,9	9,5	11,2	13,1	15,1	17,3	19,5	21,7	23,9	26,2	30,4	34,8	39,4	44,2	49,1	54,3	59,7	65,3
Preis pro Meter in Mark	1,30	1,55	1,80	2,25	2,60	3,05	3,50	3,90	4,30	4,70	5,10	6,00	6,80	7,70	8,50	9,40	10,20	11,10	12,00

Bogenröhren nach Fig. 3, (2) von ca. 0,50 bis 1 Meter Baulänge in jedem beliebigen Winkel, T-Stücke mit senkrechten Abzweigungen (5) und Kreuzstücke (6) in 1 bis 2 Meter Baulänge kosten etwa das Doppelte pro Meter Baulänge, wie die geraden Röhren. Übergangsröhren (4) berechnen sich nach der größten Lichtweite. Besondere Berechnung findet statt für die Flanschenstutzen (7, 8) zum Anschlusse an gußeiserne oder Tonröhren etc. sowie an Schieber, Ventile, Bassins u. s. w.

Hinsichtlich Transport auf die Baustelle, Verlegen und Dichten ist folgendes zu beachten:

Beim Transport mit Fuhrwerk ist Sorge zu tragen, daß die Röhren nicht mit Eisenteilen des Wagens, z. B. Nägeln, Schraubenköpfen etc., in scheuernde Berührung kommen. Beim Umladen dürfen die Röhren nicht mit den Rohrenden schräg auf Steinpflaster etc. aufgestoßen werden, da sonst eine Beschädigung der Kopfenden unvermeidlich ist. Bei heißem sonnigen

Wetter müssen sie bei längeren Transporten gegen die Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen durch Bedecken mit Stroh oder einer leichten Plandecke geschützt werden. Es ist überhaupt zu empfehlen, die Röhren stets gut in Stroh zu betten. Eine Belastung mit anderem Gut, Kisten, Tonnen etc., ist womöglich stets, unbedingt aber bei warmer Witterung zu vermeiden.

Die Aufbewahrung der Röhren, bevor sie in den Graben eingebaut werden, geschieht der Natur des Materials angemessen am besten an einem kühlen, vor Sonnenstrahlen geschützten Ort, die größeren Weiten als Säulen aufrecht in sich selbst stehend und die kleinen möglichst gerade in einer Ecke aufrecht gerichtet. Unter keinen Umständen dürfen Asphaltröhren in horizontaler Lagerung bei warmem Wetter direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt werden, da sonst Verbeulung und Veränderung der runden Form eintritt.

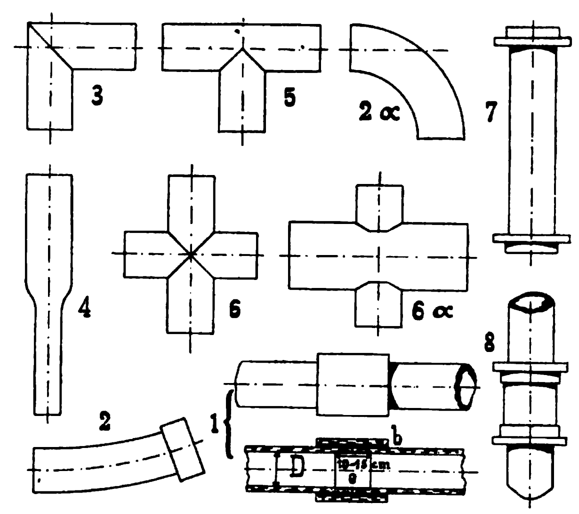


Fig. 3. Asphaltröhren mit Formstücken.

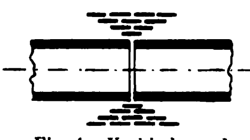
Die Verbindung der einzelnen Röhren erfolgt entweder mit Muffen von gleichen Material, wobei die Dichtungsfuge mit Asphaltkitt ausgegossen wird, oder mit Streifringen. Die erstere Art empfiehlt sich bei geringem Druck in der Rohrleitung, die letztere bei höherem Druck; die Asphaltröhrenfabrik von J. Chr. Leye & Co. in Bochum gibt dazu folgende Anleitung: Während das Asphaltrohr aus in Asphalt getränkten Hanfpapierstreifen gewickelt wird, erfolgt die Streifringverdichtung aus Streifen starken Nessels. Man bedarf hierzu:

a) Für jede zu verdichtende Fuge 9 bis 12 Nesselstreifen, die etwa $1\,{}^1/_4$ des äußeren Rohrumfanges lang und für Röhren von 50 bis 125 Millimeter Lichtweite 75 bis 100 Millimeter, für größere Röhren 100 bis 150 Millimeter breit sind.

b) Bis zur Wasserdünnflüssigkeit in reinem eisernen Gefäß geschmolzenen Asphalt; der Verbrauch an Asphalt ist, sofern D die Lichtweite des Rohres in Millimeter, annähernd $= 0{,}02 \,.\, D$ Kilogramm.

c) An Requisiten den Schmelzkessel von 25 bis 50 Kilogramm Inhalt; ein tragbares Gefäß aus Eisenblech mit Griff, das, aus dem Schmelzkessel gefüllt, dem Rohrleger im Graben zum Eintauchen der Bandstreifen dient; ein Holzstäbchen von 250 bis 300 Millimeter Länge, um die Streifen in die Asphaltmasse einzutauchen und die Umschlingung zu bewirken; Ziehmesser, Messer zum Anspitzen der Rohre und eine Stoßsäge.

Vor dem Beginn der Verlegungsarbeit ist nachzusehen, ob die Röhren keine Transportschäden erlitten haben; verstoßene Enden werden bis ins Gesunde abgesägt. Mittels des Ziehmessers wird jedes Rohrende auf ca. 100 Millimeter Länge angespitzt, so daß am spitzen Ende etwa $^1/_3$ seiner Wandstärke konisch weggeschnitten ist; auf die so vorbereitete Fläche kommt die Umwicklung, wie in nebenstehender Fig. 4 angedeutet, wobei sich die Streifen übereinander und untereinander halb decken sollen. Zu empfehlen ist, nach Umlegung der ersten 5 Streifen dieselben mit dünnem Bindfaden fest einzuschnüren. Alle Manipulationen müssen rasch vor sich gehen, da nur im heißesten Zustande die Klebkraft des Asphaltes sich wirksam dienstbar machen läßt. Nach fertiger Umlegung der Bänder sind dieselben mit Hilfe des Stäbchens mit Asphaltüberzug zu versehen. Selbstverständlich dichtet die Umwicklung nur auf reinen trockenen Stellen des Rohres wirksam; auf Nässe, Staub, Erde etc. haftet Asphalt nicht. Empfehlenswert ist es, vor Umlegung der Bandagen ein Rohrende, das mit dem anderen verbunden werden soll, einige Zentimeter in den heißen Asphalt einzutauchen, um die Verbindung noch schlüssiger zu machen.


Fig. 4. Verbindung der Asphaltröhren.

Bei stärkerem Druck (2 bis 5 Atmosphären) ist es zweckmäßig [entsprechend Fig. 3 (1)], einen dünnen genieteten, asphaltierten Eisenblechzylinder *e* an den zu verbindenden Rohrenden einzuschieben, ca. 100 bis 150 Millimeter lang und der inneren zylindrischen Fläche des Rohres genau angepaßt. Der Zylinder wird zur Hälfte in das eine Rohrende eingeschoben, nachdem durch Ausschaben mit dem Messer daselbst Platz geschaffen ist; dann schiebt man das andere, ebenfalls ausgeschabte Rohrende darüber und umwickelt entweder so, wie vorhin beschrieben, oder man

schiebt einen fertigen Streifring über die Verbindungsstelle und gießt den Zwischenraum mit Asphaltkitt aus. Zu letzterem Zwecke schließt man die seitlichen Öffnungen des Streifringes mit Nudeln aus Ton und formt im Scheitel zwei hohe Trichter, je einen auf jeder Seite, den einen zum Füllen mit Asphalt, den anderen zum Auslassen der Luft; dem dünnflüssigen heißen Asphalt rührt man zweckmäßig trockene gepulverte Kreide oder reinen Sand bei, wodurch die Festigkeit erhöht wird. Auch hier ist sorgfältig zu beachten, daß alle Stellen des Rohres und der Muffe, an welcher der Asphaltkitt haften soll, trocken und rein seien (vgl. auch [37]).

Nach dem Zusammenkitten werden die Asphaltrohrleitungen mit feinem Kies oder Erde umgeben und angestampft; eine besondere Unterlage ist bei der Nachgiebigkeit der Rohre nicht erforderlich. Dagegen müssen die in geringer Tiefe unter Straßen mit starkem Fuhrwerkverkehr liegenden Rohre zum Schutz gegen Deformation mit Mauerwerk oder Beton umhüllt werden, sofern man überhaupt nicht vorzieht, in solchen Ausnahmefällen anderes Material als Asphaltröhren zu verwenden.

Die Verwendung von Asphaltröhren für Wasserleitung ist schon seit langer Zeit im Gebrauche, hat aber nie einen großen Umfang angenommen; erstmals scheinen diese Röhren in Frankreich angewendet, angeblich unter Pressungen bis zu 20 Atmosphären (vgl. [2], Journ., S. 305, Papierröhren; ältere Literatur dort angegeben). Selbstverständlich besteht ein großer Unterschied in der Qualität. Bei der sogenannten Fremersbergleitung in Baden-Baden sind ca. 15 Jahre alte Asphaltröhren, die einer Trinkwasserleitung gedient hatten, herausgenommen worden; sie zeigten sich mürbe und waren deformiert. Vorzüglich erhaltene Asphaltröhren sind in Stuttgart nach sehr langer Betriebszeit herausgenommen worden, deren Wandungen aus Asphalt mit wenig Sand bestanden haben. In Frankreich ist eine eigentümliche Art von Asphaltröhren, die ein Kernrohr von verbleitem Eisenblech mit dickem Asphaltüberzug besitzen, die sogenannten Chameroy-Röhren, bis in die neueste Zeit in großem Umfange für Gas- und Wasserleitungen zur Anwendung gelangt, die sich gut bewährt haben. Bei uns ist dieses Röhrensystem nirgends zur Verwendung gekommen. Näheres darüber in der Broschüre: Tuyaux en tôle et bitume, Renseignements, Société Chameroy & Cie., Paris 1878.

Literatur über Asphaltröhren: [36] Erfahrungen über Asphaltröhren, welche im Jahre 1851 gelegt und im Jahre 1861 wieder herausgenommen wurden. Württemberg. Gewerbebl. 1862, Nr. 43. — [37] Über die Anwendung der mit eisernen Flanschen oder Muffen versehenen Asphaltröhren. Polyt. Zentralbl. 1870, S. 1219. — [38] Asphaltröhren für Gas- und Wasserleitung. Polyt. Zentralbl. 1872, S. 786. — [39] Wasserleitungen mit Asphaltröhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 221 (1876), S. 297. — [40] Häusel, Wasserleitungen mit Asphaltröhren. Bayr. Gewerbebl. 1877, S. 363. — [41] Asphaltröhren zu Wasserleitungen. Rohrleger. Bd. 3 (1880), S. 191. — [42] Asphaltröhren zu Wasserleitungen. Zeitschr. f. Metallindustrie. Bd. 1 (1880), S. 211. — [43] Herstellung von Drainage- und Wasserleitungsröhren aus Asphaltpappe. Rombergs Zeitschr. f. prakt. Baukunst. Bd. 41 (1881), S. 48. — [44] Krackow, Röhren von Asphaltpappe. Wochenschr. d. Ver. d. Ingenieure. 1881, S. 90.

Bleiröhren (einschließlich Mantelröhren).

Für die Zwecke der inneren Hauseinrichtung finden bei Wasserversorgungen die Bleiröhren — hauptsächlich in Norddeutschland — eine ausgedehnte Verwendung; sie lassen sich leicht handhaben, besonders leicht biegen, so daß sie sich überall glatt an die Wände etc. anlegen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß an jeder Stelle einer Bleirohrleitung mühelos abgezweigt werden kann, sowie daß Reparaturen, Ergänzungen oder Veränderungen leicht vorzunehmen sind. Ihre Zähigkeit befähigt sie auch zum Widerstande gegen die Wirkungen des Frostes. Endlich — und das ist nicht der geringste Vorzug — haben ausgemusterte Bleiröhren stets noch einen erheblichen Metallwert, während andere Rohrmaterialien meist nur zu sehr niedrigen Preisen verkäuflich, eventuell überhaupt nicht wieder zu verwerten sind.

Die Nachteile, welche in der geringen Widerstandsfähigkeit der Bleiröhren gegen mechanische Angriffe von außen (Stoß, Benagen durch Ratten*), böswilliges Einschneiden etc.) liegen, können durch sorgfältige Verwahrung der Leitungen hintangehalten werden. Ebenso lassen sich durch sorgfältige Arbeit Einknickungen beim Abbiegen der Röhren oder Sackungen bei nicht genügender Unterstützung horizontaler Leitungen vermeiden. Allmählich entstehende und mit der Zeit zunehmende Ausbauchungen der Bleiröhren durch Widderstöße in den Leitungen kommen vor, wenn die Wandstärken der Röhren nicht ausreichen, um die bleibende Deformation zu hindern. Bei hohen inneren Pressungen stellen sich solche Deformationen sehr leicht ein. Nachdem aber durch eine große Zahl von Erfahrungen die Minimalgewichte der Röhren für einen bestimmten — nicht abnormalen — Betriebsdruck im Rohrnetze festgelegt sind, ist bei Einhaltung derselben auch diese Gefahr nicht mehr erheblich.

In technischer Hinsicht bestehen also *insbesondere dann, wenn der normale Betriebsdruck in den Hausleitungen nicht mehr als 3 bis 4 Atmosphären beträgt*, keinerlei Bedenken gegen die Anwendung der Bleiröhren, sofern sie nicht in den Anschaffungskosten gefunden werden. In letzterer Beziehung ist indessen zu beachten, daß die Leichtigkeit, mit welcher sich die Installation einer Bleirohrleitung vollziehen läßt, den Gesamtaufwand für eine solche in vielen Fällen billiger oder wenigstens nicht höher gestaltet, als er sich z. B. bei Verwendung von galvanisierten Eisenröhren oder Gußeisenröhren gestalten würde.

Von hygienischer Seite sind — besonders früher — vielfach Bedenken gegen die Verwendung von Bleiröhren zu Zwecken der Trinkwasserversorgung geltend gemacht worden. Sie haben nicht dazu führen können, die allgemeine und große Verbreitung dieser Röhren zu Zwecken der Hausinstallation einzuschränken; die Abhandlungen haben vielmehr dazu gedient, zweckmäßige Aufklärungen zu liefern und die sogenannte Bleipanik zu beseitigen.

Im allgemeinen hat sich herausgestellt, daß weiches, luftreiches Wasser die Lösung des Bleies begünstigt, während härteres, an Bikarbonaten und Sulfaten reicheres Wasser nach kurzer Zeit eine dünne schützende Lage von Blei- und Calciumkarbonat auf den Innenwandungen der Röhren absetzt, die jede weitere Lösung des Bleies verhindert. Die Luft und der Kohlensäuregehalt des Wassers begünstigen die Auflösung des Bleies in hohem Grade; es ist deshalb ein zeitweises Leerstehen der Leitungen zu verhindern und bei kohlensäurereichen Wässern die Anwendung von Bleiröhren zu unterlassen. Im übrigen lassen sich alle Gefahren dadurch leicht umgehen, daß man bei Benutzung der Hausleitungen nach längerem Stehenbleiben des Wassers in denselben die zuerst ausfließenden Wassermengen ablaufen läßt und das Wasser erst dann verwendet, wenn man sich überzeugt hat, daß die ganze Leitung vom Straßenrohr ab einmal entleert ist. Dieses Verfahren ist bekanntlich auch aus anderen Gründen — um frisches Wasser zu erhalten — fast ausnahmslos üblich. In der neueren Zeit ist es deshalb überaus selten, daß bei Benutzung der Bleirohrleitungen irgendwelche Nachteile beobachtet worden sind. Der Ideenaustausch über die Ursachen der Lösung von Blei im Wasser, die Mittel zur Beseitigung derselben, die Bleierkrankungen selbst u. s. w. wolle in den sub [45], [49], [53], [54], [58], [60], [63], [65], [73], [75], [76], [78], [80], [81], [82], [84], [85], [87], [88], [89], [90], [91], [92], [94], [95], [96], [99], [100], [101], [102], [104], [106], [108], [111], [115], [116]. angegebenen Literaturnachweisen verfolgt werden. Hervorgehoben sei nur, daß zwei Mittel in der Hauptsache zur Verhinderung von Nachteilen empfohlen sind:

1. das Schwefeln der Bleiröhren (Überzug der Innenflächen mit Sulfat);
2. die Anwendung von Mantelröhren, bei welchen das Blei nur den schützenden Mantel für ein Zinnrohr von 0,5 bis 1 Millimeter Stärke bildet.

In Bezug auf den Überzug des Rohrinneren mit Schwefelblei [60], [80] lehrt die Erfahrung, daß damit nichts oder sehr wenig erreicht wird, weil er durch die Reibung des Wassers an den Rohrwandungen sehr bald teilweise oder ganz verschwindet. Die Vorteile desselben bestehen also nur in der Einbildung.

---

*) Vgl. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. v. 5. Aug. 1905.

Mantelröhren (Zinnröhren mit Bleimantel) werden zur Zeit technisch sehr vollkommen hergestellt; auch die Verlötung der Röhren hat dann, wenn sie mit Vorsicht vollzogen wird, nicht den früher vielfach vorgekommenen Übelstand des Abschmelzens vom inneren Zinnmantel im Gefolge. Betrachtet man demgemäß das Zinn, welches dem Angriffe des Wassers gegenüber indifferent ist, lediglich als ein Schutzmittel gegen die Gefahr der Bleiauflösung und sorgt für genügende Stärke des Bleimantels, damit die Röhren nicht platzen, so sind die hygienischen Vorteile der Mantelröhren ganz unzweifelhaft; sie müssen aber mit einem ziemlich belangreichen Mehraufwande für die Installation aufgewogen werden [46], [47], [48], [50], [52], [55], [56], [57], [59], [61], [62], [80], [83].

Im übrigen ist zu beachten, daß Kalk (sowohl der im gewöhnlichen als der im Zementmörtel enthaltene) unter Anwesenheit von Feuchtigkeit die Bleiröhren sehr energisch angreift [66], [67], [68], [69], [74], [86]. Man darf deshalb diese Röhren nicht in Mörtel legen (einmauern). Auch in Räumen, in welchen sich saure Dämpfe entwickeln u. s. w., werden Bleiröhren durch die Einwirkung der Säure zerstört und sind mithin unter solchen Verhältnissen von relativ kurzer Dauer, worauf zu achten ist.

Über die Herstellung der Bleiröhren und Mantelröhren vgl. [46], [47], [48], [52], [64], [66], [77], [98], [106]. Die Fabrikationsmethode führt zur Bildung von großen Rohrlängen, die als Ringe in den Handel kommen und gewöhnlich ein bestimmtes Gewicht besitzen, so daß, je nach der Lichtweite des Rohres, größere oder kleinere Baulängen solcher Ringe entstehen, die in den Preislisten der Fabriken angegeben sind*).

Das Verlegen und Dichten der Bleiröhren und Mantelröhren erfordert besondere Vorsichtsmaßregeln. Müssen dieselben entlang von Wänden geführt werden, so empfiehlt es sich, sie in ihrer ganzen Länge durch eine an der Mauer befestigte Holzleiste zu stützen, um das Durchhängen und das Festsetzen von Luftblasen zu vermeiden. Die Befestigung aufsteigender Röhren erfolgt in Entfernungen von ca. 1,5 Meter durch Rohrhaken, welche in eingegipste Holzpflöcke geschlagen werden, oder durch Bandschellen, wenn die Steigröhre von der Wand absteht. Bleiröhren und Mantelröhren werden durch Löten verbunden und durch Anschneiden mit Verlötung verzweigt; die Verbindung durch Flanschen ist nicht empfehlenswert, da die in diesem Falle umgebördelten Teile des Rohres, infolge von Widderstößen in der Leitung, leicht abreißen. Bei Verlötung zweier Röhren wird das eine Rohrende mittels eines Dornes aufgetrieben (Fig. 5), das

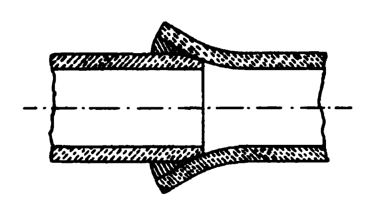


Fig. 5. Verbindung von Bleiröhren durch Löten.

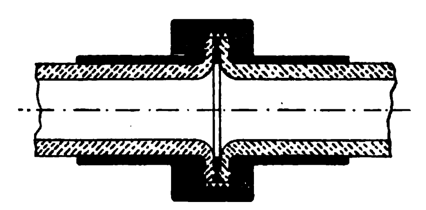


Fig. 6. Verschraubungen für Bleiröhren.

andere zugespitzt und, nachdem an beiden durch Schaben eine reine Metallfläche hergestellt wurde, das zugespitzte in das ausgeweitete Ende geschoben. Zwischen beide Enden kommt das Lot; etwas Kolophoniumpulver auf die zu lötenden Flächen zu streuen, ist zweckmäßig. Beim Löten mit der Lampe kommen 1 Teil Zinn und 1 Teil Blei, bei Anwendung des Lötkolbens 2 Teile Zinn und 1 Teil Blei in Gebrauch, wenn es sich um Bleiröhren handelt; bei Mantelröhren nimmt man ein Lot von 4 Teilen Zinn und 5 Teilen Blei, wendet ausschließlich den Lötkolben an und bestreicht die Lötflächen vorher mit etwas Salzsäure. Beim Anlöten von Zweigleitungen sowohl als auch bei Verbindungsstellen ist größte Sorgfalt darauf zu verwenden, daß kein Lot in das Innere der Röhren eintropft. Beim Übergang von Bleiröhren zu anderem Metall oder an Stellen, die öfter gelöst werden müssen, sind Verschraubungen zu verwenden (Fig. 6). Näheres über das Handwerk bei Verlegung von Bleiröhren in [51], [57], [66], [72], [83], [103], [105], [106], [107], [109], [113], [114].

Für Druckhöhen über 50 Meter (Betriebsdruck) sollte man Bleiröhren bezw. Mantelröhren von mehr als 40 Millimeter Lichtweite, für mehr als 80 Meter (Betriebsdruck) solche von mehr als 30 Millimeter Lichtweite nicht mehr anwenden. Nachstehende Tabellen geben Wandstärken und Gewichte der Bleiröhren und der Mantelröhren mit 0,5 Millimeter Zinneinlage.

*) Wir verweisen in dieser Hinsicht z. B. auf die Dimensionstabelle der Bleiindustrie-Aktiengesellschaft vorm. Jung & Lindig in Freiberg i. S.

Gewichtstabelle der Bleiröhren ($\gamma = 11325$ Kilogramm).

Lichtweite in Millimeter	Erforderliche Minimalwandstärke für $k_z = 25$ nach Gleichung 11)			Gewicht des Rohres von 1 Meter Baulänge in Kilogramm bei Wandstärken δ in Millimeter											
	$p = 6$	$p = 8$	$p = 10$												
	δ_m mm	δ_m mm	δ_m mm	$\delta =$ 1,5	$\delta =$ 2	$\delta =$ 2,5	$\delta =$ 3	$\delta =$ 3,5	$\delta =$ 4	$\delta =$ 4,5	$\delta =$ 5	$\delta =$ 5,5	$\delta =$ 6	$\delta =$ 7	$\delta =$ 8
10	1,3	2,0	2,8	0,6	0,9	1,1	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	—	—	—	—
11	1,4	2,1	3,0	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	—	—	—	—
12	1,6	2,3	3,3	—	1,0	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0	—	—	—	—
13	1,7	2,5	3,6	—	1,1	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,2	—	—	—	—
14	1,8	2,7	3,9	—	1,1	1,5	1,8	2,2	2,6	2,9	3,4	—	—	—	—
15	2,0	2,9	4.2	—	1,2	1,6	1,9	2,3	2,7	3,1	3,6	4,0	—	—	—
16	2,1	3,1	4,4	—	—	1,7	2,1	2,4	2,8	3,3	3,7	4,2	—	—	—
17	2,2	3,3	4,7	—	—	1,7	2,2	2,5	3,0	3,4	3,9	4,4	—	—	—
18	2,4	3,5	5,0	—	—	1,8	2,3	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	—	—
19	2,5	3,7	5,3	—	—	1,9	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	—	—
20	2,6	3,9	5,5	—	—	—	2,5	2,9	3,4	3,9	4,5	5,0	5,5	—	—
21	2,8	4,1	5,8	—	—	—	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,2	5,8	—	—
22	2,9	4.3	6,1	—	—	—	2,7	3,2	3,7	4,2	4,8	5,4	6.0	—	—
23	3,0	4,5	6,4	—	—	—	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0	5,6	6,2	—	—
24	3,1	4,7	6,6	—	—	—	—	3,5	4,0	4,6	5,2	5,8	6,4	—	—
25	3,3	4,9	6,9	—	—	—	—	3,6	4,1	4,7	5,4	6,0	6,6	—	—
26	3,4	5,1	7,2	—	—	—	—	3,7	4,3	4,9	5,6	6,2	6,9	—	—
27	3,5	5,3	7,5	—	—	—	—	3,8	4,4	5,1	5,7	6,4	7,1	—	—
28	3,7	5,5	7,8	—	—	—	—	—	4,5	5,2	5,9	6,6	7,3	—	—
29	3,8	5,7	8,0	—	—	—	—	—	4,7	5,4	6,1	6,8	7,5	—	—
30	4,0	5,9	8,3	—	—	—	—	—	4,9	5,5	6,3	7,0	7,7	—	—
35	4,6	6,9	9,7	—	—	—	—	—	—	—	7,2	8,0	8,8	10,4	12,5
40	5,3	7,8	11,1	—	—	—	—	—	—	—	—	8,9	9,8	11,7	13.6
50	6,6	9,8	13,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,2	16,5

$$p = 6; \qquad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{25 + 0{,}4 \,.\, 6}{25 - 1{,}3 \,.\, 6}} - 1\right) = 0{,}132 \,.\, D.$$

$$p = 8; \qquad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{25 + 0{,}4 \,.\, 8}{25 - 1{,}3 \,.\, 8}} - 1\right) = 0{,}195 \,.\, D.$$

$$p = 10; \qquad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{25 + 0{,}4 \,.\, 10}{25 - 1{,}3 \,.\, 10}} - 1\right) = 0{,}277 \,.\, D.$$

Gewichtstabelle der Zinnröhren mit Bleimantel.

Lichtweite in Millimeter	Die Zinnstärke beträgt bei allen Lichtweiten 0,5 Millimeter; das Gewicht des Rohres pro 1 Meter Baulänge ist in Kilogramm, die Wandstärke δ (im ganzen) in Millimeter, der zulässige innere Überdruck p in Atmosphären (Kilogramm-Quadratzentimeter) angegeben													
	$\delta =$ 4,00	$p =$	$\delta =$ 4,50	$p =$	$\delta =$ 5,00	$p =$	$\delta =$ 5,25	$p =$	$\delta =$ 5,50	$p =$	$\delta =$ 5,75	$p =$	$\delta =$ 6,00	$p =$
10	2,0	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	2,1	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	2,3	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	2,4	15	2,8	17	3,2	19	—	—	—	—	—	—	—	—

Gewichtstabelle der Zinnröhren mit Bleimantel. (Fortsetzung.)

Lichtweite in Millimeter	Die Zinnstärke beträgt bei allen Lichtweiten 0,5 Millimeter; das Gewicht des Rohres pro 1 Meter Baulänge ist in Kilogramm, die Wandstärke δ (im ganzen) in Millimeter, der zulässige innere Überdruck p in Atmosphären (Kilogramm-Quadratzentimeter) angegeben.													
	$\delta =$ 4.00	$p =$	$\delta =$ 4,50	$p =$	$\delta =$ 5,00	$p =$	$\delta =$ 5,25	$p =$	$\delta =$ 5,50	$p =$	$\delta =$ 5,75	$p =$	$\delta =$ 6,00	$p =$
14	—	—	3,0	15	3,4	16	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	3,2	15	3,6	16	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	3,3	14	3,7	15	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	3,4	13	3,9	14	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	3,6	12	4,1	14	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	3,8	12	4,3	13	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	4,0	11	4,5	12	4,7	13	—	—	—	—	—	—
21	—	—	4,1	10	4,6	12	—	—	—	—	—	—	—	—
22	—	—	4,2	10	4,8	11	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	4,4	9	5,0	10	—	—	—	—	—	—	—	—
24	—	—	4,6	9	5,2	10	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	4,8	9	5,4	10	—	—	6,0	11	6,3	11,5	—	—
26	—	—	4,9	8	5,6	9	—	—	6,2	10	—	—	—	—
27	—	—	5,1	8	5,7	9	—	—	6,4	10	—	—	—	—
28	—	—	5,2	8	5,9	9	—	—	6,6	9,5	—	—	—	—
29	—	—	5,4	7	6,1	8	—	—	6,8	9	—	—	—	—
30	—	—	5.5	7	6,3	8	—	—	7,0	9	—	—	7,7	10
35	—	—	—	—	7,2	7	—	—	8,0	8	—	—	—	—
40	—	—	—	—	8,0	6	—	—	8,9	7	—	—	—	—

Erstes Erfordernis für die Dauerhaftigkeit der Bleiröhren ist eine gleichmäßige Wandstärke, für welche im allgemeinen nur eine sehr vollkommen eingerichtete Fabrik die nötige Gewähr bietet [55], [56], [61], [66], [79], [97]. Röhren mit ungleicher oder überhaupt zu geringer Wandstärke weiten sich allmählich aus, bis sie schließlich platzen. Wie früher erwähnt, sind in Voraussetzung gleichmäßiger Wandstärke von den meisten Wasserwerkverwaltungen die Minimalgewichte der Blei- und Mantelröhren vorgeschrieben. Für die zumeist üblichen Dimensionen und bei einem maximalen Betriebsdrucke von 5 Atmosphären ist es empfehlenswert, folgende Minimalgewichte pro 1 Meter Baulänge zu verlangen:

Lichtweite in Millimeter:	10	13	16	20	25	30
Gewicht in Kilogramm:						
Bleiröhren	2,0	3,0	3,5	5,0	6,5	8,5
Mantelröhren	2,0	3,5	4,0	5,5	7,0	9,0

Während die Bleiröhren an ihrem äußeren Umfange von den Fabriken vollständig glatt hergestellt werden, sind die Mantelröhren — zur äußerlich sichtbaren Unterscheidung von den Bleiröhren — außen geriffelt (Fig. 7).

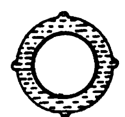


Fig. 7. Zinnröhren mit Bleimantel.

In einigen deutschen Städten (z. B. Crimitschau i. S., Offenbach a. M. etc.) werden auch Mantelröhren mit 1 Millimeter starker Zinneinlage verwendet. Mitte des Jahres 1902 waren die Preise der Bleiindustriegesellschaft in Freiberg i. S. für Mantelröhren mit 0,5 Millimeter Zinneinlage ca. 42 bis 44 Mark, mit 1 Millimeter Zinneinlage 48 bis 50 Mark per 100 Kilogramm ab Werk. Die Bleiröhren kosten per 100 Kilogramm ca. 30 bis 35 Mark. Infolge der starken Schwankungen des Marktes sind jedoch diese Preise ebenfalls großen Veränderungen unterworfen und es dürfte deshalb stets Anfrage bei den Fabriken im speziellen Falle am Platze sein.

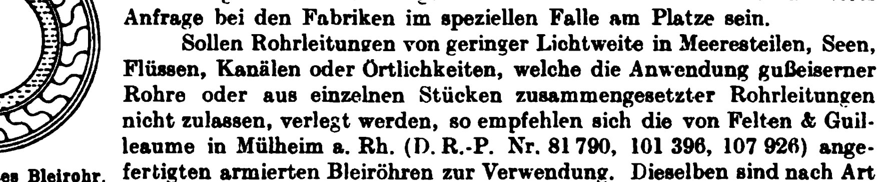


Fig. 8. Armiertes Bleirohr.

Sollen Rohrleitungen von geringer Lichtweite in Meeresteilen, Seen, Flüssen, Kanälen oder Örtlichkeiten, welche die Anwendung gußeiserner Rohre oder aus einzelnen Stücken zusammengesetzter Rohrleitungen nicht zulassen, verlegt werden, so empfehlen sich die von Felten & Guilleaume in Mülheim a. Rh. (D. R.-P. Nr. 81 790, 101 396, 107 926) angefertigten armierten Bleiröhren zur Verwendung. Dieselben sind nach Art

der patentverschlossenen Drahtseile hergestellt (Fig. 8). Das Bleirohr ist mit geteertem Hanf umsponnen und diese Umspinnung von einem Rohr aus Stahlformdrähten umschlossen; das Ganze wird durch eine doppelte Umschnürung von geteertem Hanf vor dem Eindringen von Feuchtigkeit geschützt, was hauptsächlich gegen das Rosten der Stahldrähte erforderlich ist [110], [112].

Literatur über Bleiröhren und Mantelröhren: [45] Bericht des General Board of Health on the supply of water to the Metropolis. London 1851. — [46] Hamon, Tuyaux doublés d'étain. Ann. du Gén. civ. 1869, S. 354. — [47] Grand, Tuyaux de plomb doublé d'étain. Ibid., S. 381. — [48] Grand, Nouveau procédé de coulage des tuyaux de plomb étamés à l'interieur. Ann. du Gén. civ. 1869, S. 835. — [49] Sind Bleiröhren für Wasserleitungen schädlich? Deutsche Industrieztg. 1869, S. 57. — [50] Moritz, Über beobachtete eigentümliche Defekte an verzinnten Bleiröhren. Deutsche Industrieztg. 1870, S. 422. — [51] Collwells, Schaw & Williard. Rohrverbindungen für Zinn- und Bleiröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1870, S. 775. — [52] Haine's lead encased block-tin pipes. Engin. Bd. 31 (1871), S. 413. — [53] Lead pipes as water conduits. Journ. of the Frankl. Inst. 3. S., Bd. 61 (1871), S. 224. — [54] Bemerkungen für und wider die Benützung von Wasserleitungsröhren aus reinem Blei. Mitteil. d. Gewerbever. f. Hannover. 1871, S. 101. — [55] Tresca, Procès-verbal des expériences faites sur la résistance des tuyaux de plomb et des tuyaux d'étain du commerce. Ann. de la Conserv. des arts es métiers. Bd. 9 (1871), S. 102. — [56] Widerstandsfähigkeit der Zinnrohre mit Bleimantel gegen hohen Druck. Deutsche Industrieztg. 1871, S. 226. — [57] Joints of tin lined lead pipes. Enging. 1872, I., S. 114. — [58] Belgrand, Über die Einwirkung des Wassers auf Bleirohre. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Academ. des Sciences. Bd. 77 (1873), S. 1055. — [59] Salbach, Über die Anwendung von Zinnröhren mit Bleimantel für Wasserleitungen. Polyt. Zentralbl. 1874, S. 579. — [60] Willm, Verhalten der mit Schwefelblei überzogenen Röhren gegen das Wasser. Polyt. Zentralbl. 1874, S. 536. — [61] Thiem, Die Belastungsgrenze der sogenannten Mantelröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1876, S. 201. — [62] Zinnröhren mit Bleimantel. Prakt. Maschinenkonstrukt. 1877, S. 457. — [63] Über die Wirkung von Wasser und Salzlösungen auf Blei. Dingl. polyt. Journ. Bd. 223 (1877), S. 649. — [64] Die Herstellung von Bleiblech und Bleiröhren. Maschinenbauer. 1878, S. 4. — [65] Berkowitsch, Die Verwendung von Bleiröhren zu Wasserleitungen. Wochenschr. d. österr. Ing. u. Architektenvereins. 1879, S. 51. — [66] White, W., Domestic plumbing and water service. London 1880. — [67] Oester, Einwirkung von Kalk oder Zementmörtel auf Bleiröhren. Rohrleger. Bd. 3 (1880), S. 163. — [68] Einfluß verschiedener Erden und Baumaterialien auf Bleiröhren. Gewerbebl. f. d. Großherzogtum Hessen. 1880, S. 184. — [69] Zerstörung von Bleiröhren durch Zement. Deutsche Bauztg. 1880, S. 266. — [70] Rossel, Einwirkung verschiedener Substanzen und Baumaterialien auf Bleiröhren. Weicks Gewerbeztg. Bd. 45 (1880), S. 182. — [71] Teichelmann, Oxydfreie Bleiröhren. Neueste Erfindungen von Koller. Bd. 7 (1880), S. 528. — [72] Bleirohrverbindung von Bode. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1881, S. 250, 259. — [73] Hamon, Etude sur les eaux potables et le plomb. Paris 1881. — [74] Bamberger, Wirkung des Zementes auf Wasserleitungsröhren aus Blei. Dingl. polyt. Journ. Bd. 245 (1882), S. 36. — [75] Saunders, The action of water upon lead pipes. Chemic. News. Bd. 45 (1882), S. 7. — [76] Thompson, Lead pipes and lead contamination. The Americ. Gaslight Journ. Bd. 37 (1882), S. 36. — [77] Weems, Lead pipe making machine. Enging. Bd. 58 (1883), S. 281. — [78] Bleiröhren für Wasserleitung. Entwurf einer Reichsverordnung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1883, S. 108. — [79] Strength of lead pipes. Invention. Bd. 6 (1884), S. 53. — [80] Belohubek, Verhalten des Wassers zu dem inneren Überzuge verzinnter und geschwefelter Bleiröhren. Zeitschr. f. Spiritusindustrie. Bd. 7 (1884), S. 368. — [81] Stolba, Blei- und Zinnröhren zu Wasserleitungen. Hopfenztg. Bd. 24 (1884), S. 1113. — [82] Reichardt, Bleiröhren zur Wasserleitung. Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 17 (1885), S. 565. — [83] Verlegen von Bleiröhren u. Zinnröhren mit Bleimantel. Metallarbeiter. Bd. 11 (1885), S. 125. — [84] Über den Einfluß des Wassers auf Leitungsröhren, sowie über die schädliche Wirkung von Bleiröhren auf Wasser. Gesundh.-Ingen. Bd. 10 (1886), S. 314. — [85] Richter, Die Bleierkrankungen durch Leitungswasser in Dessau im Jahre 1886. Deutsche Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1887, S. 442. — [86] Knorre, Die Korrosion von Bleiröhren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 114. — [87] Wolffhügel, Wasserversorgung und Bleivergiftung. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt. Bd. 2 (1887), S. 484. — [88] Bunte, Zur Frage der Verwendung von Bleiröhren für Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1887, S. 168. — [89] Reichardt, Lösung des Bleies in den Röhren der Wasserleitungen. Chem. Zentralbl. Bd. 18 (1887), S. 146. — [90] Pullmann, Zur Frage der Verunreinigung des Wassers durch bleierne Leitungsröhren. Deutsche Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1887, S. 255. — [91] Technische Erläuterungen zum Reichsgesetz vom 25. Juni 1887, betr. den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen. Berlin 1887. — [92] Herzberg, Bleivergiftung durch Wasserleitungsröhren. Zeitschrift d. Ver. deutscher Ingen. 1888, S. 519. — [93] Carnelly & Fren, The corrosion of leader

water pipes. Journ. of the chemic. society. Bd. 7 (1888), S. 15. — [94] Die Bleirohre für Wasserleitungen in Hannover. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 81 (1888), S. 748. [95] Heyer, Ursache und Beseitigung des Bleiangriffs durch Wasserleitungswasser. Dessau 1888. — [96] Herzberg, Über die Ursache und die Beseitigung des Bleiangriffes durch Leitungswasser. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1889, S. 18. — [97] Die Wandstärke der Bleirohre für Wasserleitungen. Industrieztg. Bd. 30 (1889), S. 77. — [98] Dolleschall, Blasenfreier Guß von Bleiröhren. Bayerisches Gewerbebl. Bd. 21 (1889), S. 83. — [99] Leonhardt, Ursache und Beseitigung des Bleiangriffes auf Leitungswasser. Glasers Annalen. Bd. 24 (1889), S. 49. — [100] Über die Ursachen der Lösung von Blei im Wasser und die Beseitigung derselben. Deutsche Bauztg. 1889, S. 31. — [101] Bunte, Verwendung von Bleiröhren für Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1889, S. 556. — [102] Waller, Über die Einwirkung des Wassers auf Bleiröhren. Journ. of the Americ. Chem. Soc. 1891, S. 176. — [103] Anklamm, Neue Bleirohrverbindung. Gesundheits-Ingenieur. 1892, S. 545. — [104] Power, 23. Annual report of the Local Government Board. London 1893—1894, S. 232. — [105] Doulton & Co., Metallo-keramic joint for connecting lead with porcelain. Engin. Bd. 77 (1894), S. 316. — [106] Davies, P. J., Standard practical plumbing. London 1896. — [107] Richter, C., Das Löten des Bleies. Wien 1896. — [108] Antony, W., Wirkung von Trinkwasser auf Bleiröhren. Technologie sanitaire. 1897, S. 215. — [109] Rohrverbindungen für Blei- und Eisenrohre. Uhl. techn. Rundschau. 1898, S. 13. — [110] Pennink, J., Stahldrahtarmiertes Bleirohr für die Wasserversorgung Amsterdam. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1898, S. 75. — [111] Liebrich, A., Bleiangriff durch Leitungswasser, Ursachen und Bekämpfungsmethoden. Zeitschr. f. angew. Chemie. 1898, S. 703. — [112] Stahldrahtarmierte Bleirohre für Wasserversorgung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 499. — [113] Assemblage rapide pour tuyaux en plomb et en caoutschouc, système Lange et Jouanne. Rev. ind. 1899, S. 288. — [114] Accouplement de tuyaux, système Anderson. Rev. ind. 1899, S. 266. — [115] The action of water on lead, tin and zinc service pipes. Engin. News. Januar 1900, S. 7. — [116] The action of water on lead and other metallic or metal-lined service pipes. Eng. News. 1902, S. 303. —[116a] Einwirkung von Leitungswasser auf Blei und verzinnte Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 844. —[116b] Angriff der Bleiröhren durch Wasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 967; 1905, S. 39 u. 987; 1907, S. 736. — [116c] Kröhnke, Ursache und Wirkung des Bleiangriffs durch Leitungswasser. Leipzig o. J.

Eiserne Röhren.

Bei den Eisenröhren trennen wir zunächst in zwei Hauptabteilungen: gußeiserne Röhren und schmiedeiserne bezw. Stahlröhren. Bei den letzteren sollen sodann speziell die genieteten, die geschweißten, die gelöteten und die Mannesmannröhren unterschieden werden.

a) Gußeiserne Röhren. Unter allen für die Wasserversorgung verwendeten Röhren nehmen die gußeisernen die erste Stelle ein, besonders in der neuesten Zeit, nachdem sich die Herstellung derselben außerordentlich vervollkommnet hat (vgl. [117], [120], [122], [124]) und der Preis der Röhren ein relativ niedriger geworden ist. Man unterscheidet je nach der Verbindung Muffen- oder Flanschenröhren. Die Muffenröhren verdienen im allgemeinen ihrer Nachgiebigkeit gegenüber Temperaturveränderungen und Bewegungen des Erdreichs wegen vor den Flanschenröhren den Vorzug, solange in den Leitungen keine hohen Pressungen vorkommen; erst dann, wenn der Betriebsdruck 15 bis 20 Atmosphären erreicht oder übersteigt, werden Flanschenröhren vorteilhafter bezw. geboten. Die Röhren werden in der Regel mit einem Überzuge von Asphaltteer, der heiß aufgebracht wird, versehen, um sie gegen das Rosten zu schützen [128], [132], [133], [134], [140]. Je nach der Beschaffenheit des Bodens, in welchem die Röhren liegen [139], nach der Beschaffenheit des Wassers, welches in denselben fließt, und nach der Geschwindigkeit, mit welcher dieses Fließen stattfindet, gelingt dies auch, bezw. richtet sich die längere oder kürzere Dauer der aus Gußeisen hergestellten Rohrleitungen. In nicht verunreinigtem Untergrunde wird die Außenfläche der asphaltierten Röhren selten angegriffen; enthält aber der Boden chemische Agentien, wie dies z. B. bei stark verjauchter Erde oder in der Nähe von Sümpfen, in der Nähe des Meeres etc. der Fall ist, so wird allmählich die äußere Kruste der Röhren trotz Asphaltüberzug in eine poröse Masse ohne Widerstandsfähigkeit umgewandelt.

Die Korrosion schreitet in solchem Falle von außen nach innen fort. — Im Innern der Röhren entwickeln sich dann, wenn das Wasser in denselben mit geringer Geschwindigkeit fließt und weich ist, besonders sofern es noch nebenbei organische Substanz enthält, die sogenannten Rostknollen [127], [136], 137], [138]. Durch konstante größere Geschwindigkeit wird diese Entwicklung gehindert. Enthält das Wasser durch Kohlensäure gelösten Kalk, so findet ein Rosten in der Regel nicht statt; dagegen vollzieht sich die sogenannte Inkrustation der Rohrwände durch Kalkausscheidungen. Auch diese werden indessen wesentlich reduziert oder ganz verhindert, wenn die Geschwindigkeit des durchfließenden Wassers eine relativ große ist.

Außer dem Asphaltüberzuge sind an gußeisernen Röhren Versuche mit Glas- und Emailüberzügen gemacht worden [129], [130], [141]. Glasüberzüge scheinen sich nicht bewährt zu haben. Emaillierte gußeiserne Röhren wurden schon zu städtischen Leitungen [141] verwendet; ebenso haben sich dieselben zu Leitungen für Thermalwasser in Baden-Baden bewährt, worüber uns Herr Oberbaurat Stolz-Karlsruhe, dessen Oberleitung die Arbeiten unterstellt waren, folgendes schreibt: „Zu Leitungen für Thermalwasser im Friedrichsbad in Baden wurden durchweg gußeiserne Röhren mit emaillierten Innenwandungen verwendet, um die Röhren gegen den Angriff des salzhaltigen Thermalwassers zu schützen. Die Emaillierung hat sich in Baden vorzüglich gehalten, während dies in Wiesbaden nicht zugetroffen ist, obgleich auch dort die emaillierten Röhren von dem gleichen Werke (Lauchhammerhütte) bezogen worden waren. Möglicherweise ist die höhere Temperatur des Wiesbadener Wassers der Grund, daß die Emaillierung sich löste, da eine chemische Einwirkung des Wassers mir ausgeschlossen erscheint. Jedenfalls kann man emaillierte Röhren nicht vorbehaltlos zur allgemeinen Anwendung für Thermalwasserleitungen empfehlen. Im neuen Augustabad und im Landesbad in Baden habe ich, da die Außenwandungen der in den Thermalwasserreservoiren im Friedrichsbad befindlichen Überlaufröhren, die nicht emailliert waren, nicht verrosteten und da zudem der Preis für emaillierte Röhren (damals) 62 Prozent höher als der für schwarze Röhren war, mit einer Ausnahme nur noch schwarze Röhren verwendet, wodurch sich — bis jetzt wenigstens — kein Nachteil ergeben hat. Ausnahmsweise habe ich innen und außen emaillierte Röhren im Augustabad, und zwar für Kalt- und Thermalwasser, dort in Anwendung gebracht, wo die Röhren mit der Umwandung der Badebassins in Berührung kamen. Nach den in Badenweiler und Baden (Friedrichsbad) gemachten Erfahrungen wird überall dort, wo Eisen mit Marmor in Berührung kommt, der letztere durch Eisenoxyd in der Umgebung der Berührungsstelle schmutzig braunrot gefärbt, ein Übelstand, der sich nicht mehr beseitigen läßt. Da Bronze für die vielen Röhren an den Ein- und Ausläufen der Bassins zu teuer gewesen wäre, so habe ich im Augustabad hierfür innen und außen emaillierte Röhren verwendet, die sich sehr gut bewährt haben. Weil zu befürchten war, daß die glatten emaillierten Röhren beim Erwärmen und Wiedererkalten sich an den betonierten Wandungen in Bädern möglicherweise lösen würden, sind an die Außenwände je von 10 zu 10 Zentimeter Haltringe angegossen, wodurch eine vorzügliche dichte Verbindung zwischen Beton und Email erzielt wurde (Fig. 9). Ceterum censeo, daß bezüglich der Empfehlung von emaillierten Röhren Vorsicht geboten erscheint."

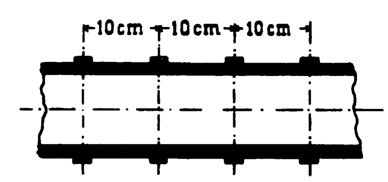


Fig. 9. Emaillierte Gußröhren mit Halteringen (Baden-Baden).

Gußeiserne Röhren mit Bleifutter sind an Brighton & Venning mit D. R.-P. Nr. 85 947 patentiert, haben sich aber unseres Wissens keinen Eingang verschaffen können.

Die Wandstärken δ der gußeisernen Röhren werden in dem normalen Falle, in welchem der Betriebsdruck 10, der Probedruck 20 Atmosphären nicht übersteigt, nach den in [28] angegebenen empirischen Formeln:

$$29)\quad \delta = \frac{D}{60} + 7 \text{ Millimeter für stehend gegossene Röhren}$$

$$30)\quad \delta = \frac{D}{50} + 9 \text{ Millimeter für liegend gegossene Röhren}$$

berechnet. Im übrigen ist in Gleichung 11) der Wert von $k_z = 200$ kg-qcm für Gußeisen anzunehmen, wenn die Wandstärke für höhere Pressungen bestimmt werden soll; außerdem empfiehlt v. Bach noch einen Zuschlag von 7 Millimeter, also die Formel:

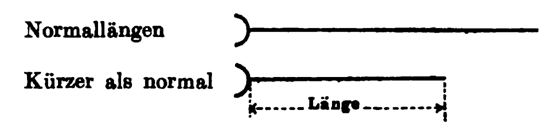
$$31)\quad \delta = 0{,}5 \,.\, D \left(\sqrt{\frac{200 + 0{,}4 \,.\, p}{200 - 1{,}3 \,.\, p}} - 1 \right) + 0{,}7,$$

in welcher alle Maße in Zentimeter und der (maximale) Betriebsdruck p in metrischen Atmosphären (Kilogramm - Quadratzentimeter) ausgedrückt wurden (vgl. auch [143]). Nahezu alle älteren Formeln finden sich in [142], worauf wir verweisen.

Normalien. Für Betriebsdrucke bis 10 und Prüfungsdrucke bis 20 Atmosphären werden in Deutschland allgemein Muffen- und Flanschenröhren sowie Formstücke nach den Normalien der Gas- und Wasserfachmänner bezw. des Vereins deutscher Ingenieure vom Jahre 1882 verwendet. Im folgenden geben wir diese Normalien (mit einigen Erweiterungen, entsprechend dem Kataloge der Aktiengesellschaft Lauchhammer, Abteilung Gröditz in Sachsen) wieder.

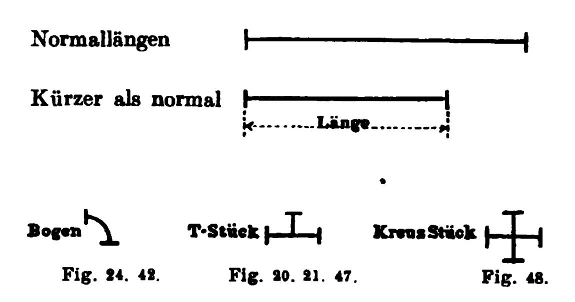
Bezeichnungen für Röhren und Formstücke bei Aufgabe von Bestellungen.

I. Muffenröhren.



Bezeichnung	Figur in nachstehenden Tabellen	Skizze für die Bestellung	Bezeichnung	Figur in nachstehenden Tabellen	Skizze für die Bestellung
A-Stücke	19. 25		AA-Stücke	28	
B-Stücke	12. 26		BB-Stücke	29	
C-Stücke	16. 27		CC-Stücke	30	
R-Stücke	17. 42		U-Stücke	18. 43	
E-Stücke	22. 38		F-Stücke	23. 39	
L- u. K-Stücke (Der Grad des Zentriwinkels ist anzugeben)	13. 14 32. 31	Grad ?	Fußbogen (schlank oder scharf)	34. 35	90°

II. Flanschenröhren.



Bei jedem Stück ist die lichte Weite (lW.) des Hauptrohres und des Abzweiges anzugeben.

Z. B. 3 Stück) 250×80 lW.

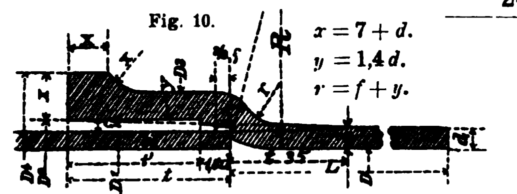


Fig. 10.

Deutsche

Gemeinschaftlich aufgestellt vom Verein

Abmessungen und Gewichte

Lichter Durchmesser L mm	Normale Wandstärke d mm	Äußerer Durchmesser des Rohres D^1 mm	Übliche Baulänge L m	Muffen: Innere Muffentiefe t mm	Muffen: Dichtungstiefe t' mm	Muffen: Stärke der Dichtungsfuge f mm	Muffen: Innere Muffenweite D^2 mm	Muffen: Wanddicke y mm	Muffen: Äußerer Durchmesser D^3 mm	Muffen: Wulst: Dicke und Breite z mm	Muffen: Wulst: Durchmesser D^4 mm	Muffen: Tiefe des Zentrierungsringes mm	Lichter Durchmesser L mm
25	8	41	1,5	58	46	6	53	10	73	16	85	12	25
30	8	46	1,5	70	58	6	58	10	78	19	96	12	30
35	8	51	2	74	62	7	65	11	87	23	111	12	35
40	8	56	2	74	62	7	70	11	92	23	116	12	40
50	8	66	2	77	65	7,5	81	11	103	23	127	12	50
50	8	66	2,5	77	65	7,5	81	11	103	23	127	12	50
60	8,5	77	3	80	67	7,5	92	12	116	24	140	13	60
70	8,5	87	3	82	69	7,5	102	12	126	24	150	13	70
80	9	98	3	84	70	7,5	113	12,5	138	25	163	14	80
80	9	98	3,25	84	70	7,5	113	12,5	138	25	163	14	80
80	9	98	3,50	84	70	7,5	113	12,5	138	25	163	14	80
90	9	108	3	86	72	7,5	123	12,5	148	25	173	14	90
100	9	118	3	88	74	7,5	133	13	159	25	183	14	100
100	9	118	3,50	88	74	7,5	133	13	159	25	183	14	100
100	9	118	4,0	88	74	7,5	133	13	159	25	183	14	100
125	9,5	144	3	91	77	7,5	159	13,5	186	26	211	14	125
125	9,5	144	4	91	77	7,5	159	13,5	186	26	211	14	125
150	10	170	3	94	79	7,5	185	14	213	27	239	15	150
150	10	170	4	94	79	7,5	185	14	213	27	239	15	150
175	10,5	196	4	97	81	7,5	211	14,5	240	28	267	16	175
200	11	222	4	100	83	8	238	15	268	29	296	17	200
225	11,5	248	4	100	83	8	264	16	296	30	324	17	225
250	12	274	4	103	84	8,5	291	17	325	31	353	19	250
275	12,5	300	4	103	84	8,5	317	17,5	352	32	381	19	275
300	13	326	4	105	85	8,5	343	18	379	33	409	20	300
325	13,5	352	4	105	85	8,5	369	19	407	34	437	20	325
350	14	378	4	107	86	8,5	395	19,5	434	35	465	21	350
375	14	403	4	107	86	9	421	20	461	35	491	21	375
400	14,5	429	4	110	88	9,5	448	20,5	489	36	520	22	400
425	14,5	454	4	110	88	9,5	473	20,5	514	36	545	22	425
450	15	480	4	112	89	9,5	499	21	541	37	573	23	450
475	15,5	506	4	112	89	9,5	525	21,5	568	38	601	23	475
500	16	532	4	115	91	10	552	22,5	597	39	630	24	500
550	16,5	583	4	117	92	10	603	23	649	40	683	25	550
600	17	634	4	120	94	10,5	655	24	703	41	737	26	600
650	18	686	4	122	95	10,5	707	25	757	43	793	27	650
700	19	738	4	125	96	11	760	26,5	813	45	850	29	700
750	20	790	4	127	97	11	812	28	868	47	906	30	750
800	21	842	4	130	98	12	866	29,5	925	49	964	32	800
900	22,5	945	4	135	101	12,5	970	31,5	1033	52	1074	34	900
1000	24	1048	4	140	104	13	1074	33,5	1141	55	1184	36	1000
1100	26	1152	4	145	106	13	1178	36,5	1251	59	1296	39	1100
1200	28	1256	4	150	108	13	1282	39	1360	63	1408	42	1200

Rohrnormalien.

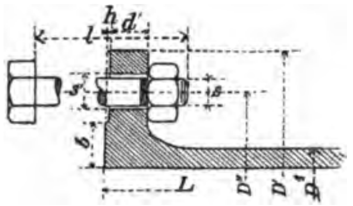
deutscher Ingenieure und dem Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern.

von gußeisernen Muffenröhren.

Gewichte						Bemerkungen
Gewicht eines Rohres von vorstehender Baulänge kg	Gewicht der Muffe kg	Gewicht eines Rohrstückes v. 1,0 m Länge ohne Muff kg	Gewicht eines Rohrstückes v. 1,0 m Länge mit Muff kg	Gewicht des Bleiringes kg	Gewicht des Teerstrickes kg	
9,0	1,65	4,9	6,0	0,23	0,023	
10,5	2,00	5,66	7,0	0,33	0,033	
16,0	2,34	6,83	8,0	0,42	0,042	
20.2	2,68	8,75	10,09	0,51	0,051	
24,3	3,14	10,57	12,14	0,69	0,069	
30.4	3,14	10,57	12,14	0,69	0,069	
45,6	3,89	13,26	15,21	0,73	0,073	
50,0	4,35	15,20	16,65	0,94	0,094	
60,0	5,09	18,24	19,94	1,05	0,105	
65,0	5,09	18,24	19,94	1,05	0,105	
70,0	5,09	18,24	19,94	1,05	0,105	
66,5	5,70	20,29	22,19	1,15	0.115	
73,5	6,20	22,34	24,41	1,35	0,135	
85,5	6.20	22,34	24,41	1,35	0.135	
98,0	6,20	22,34	24,41	1,35	0,135	
95,0	7,64	29,10	31,65	1,70	0,170	
127	7,64	29,10	31,65	1,70	0,170	
120	9,89	36,44	39,74	2,14	0,214	
160	9,89	36,44	39,74	2,14	0,214	
193	12,0	44,36	48,36	2,46	0,246	
231	14,41	52,86	57,66	2,97	0,297	
270	16,89	61,95	67,57	3,67	0,367	
306	19,61	71,61	76,51	4,30	0,430	
350	22,51	81.85	87,48	4,69	0,469	
397	25,78	92,68	99,13	5,09	0,509	
445	28,83	104,08	111,29	5,16	0,516	
497	32,23	116,07	124,13	5,53	0,553	
530	34.27	124,04	132,61	6,64	0,664	
587	39,15	136,89	146,68	7,46	0,746	
622	41,26	145,15	155,46	7,89	0.789	
680	44 90	158,87	170,10	8,33	0,833	
742	48,97	173,17	185,41	8,77	0,877	
807	54,48	188,04	201,66	10,10	1,010	
914	62,34	212,90	228.49	11,70	1.170	
1030	71.15	238,90	256,69	13,30	1,330	
1180	83,10	273,86	294,64	14.40	1,440	
1340	98,04	311,15	335,66	15,50	1,550	
1510	111,29	350.76	378,58	17,40	1,740	
1700	129,27	392,69	425,01	20,20	2,020	
2050	160,17	472,76	512.80	24,70	2,470	
2440	195,99	559,76	608,76	29.20	2,920	
2910	243,76	666,81	727,75	34,00	3,400	
3430	294,50	783,15	856,78	39,00	3,900	

Die normalen Wandstärken gelten für Röhren, welche einem Betriebsdrucke von 10 Atm. und einem Probedrucke von höchstens 20 Atm. ausgesetzt sind und vor allem Wasserleitungszwecken dienen. Für gewöhnliche Druckverhältnisse von Wasserleitungen (4 bis 7 Atm.) ist eine Verminderung der Wandstärken und dementsprechend auch der Gewichte zulässig, desgleichen für Leitungen, in denen nur ein geringer Druck herrscht (Gasleitungen, Windleitungen, Kanalisationsleitungen etc.). Für Dampfleitungen, welche größeren Temperaturdifferenzen und dadurch entstehenden Spannungen, sowie für Leitungen, welche unter besonderen Verhältnissen schädigenden äußeren Einflüssen ausgesetzt sind, ist es empfehlenswert, die Wandstärken entsprechend zu erhöhen.

Der äußere Durchmesser des Rohres ist feststehend und werden Änderungen der Wandstärken nur auf den lichten Durchmesser des Rohres von Einfluß sein. — Als unabänderlich normal gilt ferner die innere Muffenform, die Art des Anschlusses an das Rohr, sowie die Bleifugenstärke. Aus Gründen der Fabrikation sind bei geraden Normalröhren Abweichungen der durch Rechnung ermittelten Gewichte, höchstens um $\pm$ 3 % zu gestatten. In den Gewichtsberechnungen ist das spezifische Gewicht des Gußeisens zu 7,25 eingesetzt worden.


Fig. 11.

Deutsche

Gemeinschaftlich aufgestellt von dem Verein deutscher

Abmessungen und Gewichte

Lichter Rohr-durchm. D mm	Normal-Wand-stärke d mm	Äußerer Rohr-durchm. D_1 mm	Übliche Baulänge L m	Flanschen		Lochkreis-durch-messer D'' mm	Dichtungsleiste	
				Durch-messer D' mm	Dicke d' mm		Breite b mm	Höhe h mm
40	8	56	2	140	18	110	25	3
50	8	66	2	160	18	125	25	3
60	8,5	77	3	175	19	135	25	3
70	8,5	87	3	185	19	145	25	3
80	9	98	3	200	20	160	25	3
90	9	108	3	215	20	170	25	3
100	9	118	3	230	20	180	28	3
125	9,5	144	3	260	21	210	28	3
150	10	170	3	290	22	240	28	3
175	10,5	196	3	320	22	270	30	3
200	11	222	3	350	23	300	30	3
225	11,5	248	3	370	23	320	30	3
250	12	274	3	400	24	350	30	3
275	12,5	300	3	425	25	375	30	3
300	13	326	3	450	25	400	30	3
325	13,5	352	3	490	26	435	35	4
350	14	378	3	520	26	465	35	4
375	14	403	4	550	27	495	35	4
400	14,5	429	4	575	27	520	35	4
425	14,5	454	4	600	28	545	35	4
450	15	480	4	630	28	570	35	4
475	15,5	506	4	655	29	600	40	4
500	16	532	4	680	30	625	40	4
550	16,5	583	4	740	33	675	40	5
600	17	634	4	790	33	725	40	5
650	18	686	4	840	33	775	40	5
700	19	738	4	900	33	830	40	5
750	20	790	4	950	33	880	40	5
800	21	842	4	1020	36	940	45	5
900	22,5	945	4	1120	36	1040	45	5
1000	24	1048	4	1220	36	1140	45	5
1100	26	1152	4	1320	40	1250	45	5
1200	28	1256	4	1428	40	1355	45	5

Bemerkung. Für die Anordnung der Schraubenlöcher bei den Flanschenröhren gilt zwei Schrauben-

Rohrnormalien.

Ingenieure und dem Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern.

für gußeiserne Flanschenrohre.

Schrauben				Schraubenlochdurchm.	Gewichte in Kilogramm			
Zahl *A*	Stärke		Länge *l* mm	*S'* mm	einer Flansche	eines Rohres von vorstehender Baulänge	von 1 lfd. Meter Rohr einschließlich der Flansche	von 1 lfd. Meter Rohr ausschließlich der Flansche
	S mm	Zoll engl.						
4	13	1/2	70	15	1,89	21,28	10,64	8,75
4	16	5/8	75	18	2,41	25,96	12,98	10,57
4	16	5/8	75	18	2,96	45,70	15,24	13,26
4	16	5/8	75	18	3,21	52,02	17,34	15,20
4	16	5/8	75	18	3,84	62,40	20,80	18,24
4	16	5/8	75	18	4,37	69,61	23,20	20,29
4	19	3/4	85	21	4,96	76,94	25,65	22,34
4	19	3/4	85	21	6,26	99,82	33,27	29,10
6	19	3/4	85	21	7,69	124,70	41,57	36,44
6	19	3/4	85	21	8,96	151,00	50,33	44,36
6	19	3/4	85	21	10,71	180,00	60,00	52,86
6	19	3/4	85	21	11,02	207,89	69,30	61,95
8	19	3/4	100	21	12,98	240,79	80,26	71,61
8	19	3/4	100	21	14,41	274,37	91,46	81,85
8	19	3/4	100	21	15,32	308,68	102,89	92,68
10	22,5	7/8	105	25	19,48	351,20	117,07	104,08
10	22,5	7/8	105	25	21,29	390,79	130,26	116,07
10	22,5	7/8	105	25	24,29	544,74	136,19	124,04
10	22,5	7/8	105	25	25,44	598,44	149,61	136,89
12	22,5	7/8	105	25	27,64	635,88	158,97	145,15
12	22,5	7/8	105	25	29,89	695,26	173,82	158,87
12	22,5	7/8	105	25	32,41	757,50	189,38	173,17
12	22,5	7/8	105	25	34,69	821,54	205,14	188,04
14	26	1	120	28,5	44,28	940,16	235,04	212,90
16	26	1	120	28,5	47,41	1050,42	262,61	238,90
18	26	1	120	28,5	50,13	1195,70	298,93	273,86
18	26	1	120	28,5	56,50	1357,60	339,40	311,15
20	26	1	120	28,5	59,81	1522,66	380,67	350,76
20	29,5	1 1/8	130	32	76,8	1724,36	431,09	392,69
22	29,5	1 1/8	130	32	83,6	2058,24	514,51	472,76
24	29,5	1 1/8	130	32	108,4	2455,84	613,96	559,76
26	29,5	1 1/8	130	32	112,7	2882,84	720,71	666,81
28	29,5	1 1/8	130	32	119,81	3377,22	844,305	783,15

die Regel, daß die Vertikalebene durch die Achse des Rohres die Entfernung zwischen löchern halbiert.

Deutsche

Abmessungen der normalen Formstücke

B-Stücke.

$a = 100 + 0{,}2\,D + 0{,}5\,d.$
t = Muffentiefe des Abzweiges.
$r = 40 + 0{,}05\,d.$

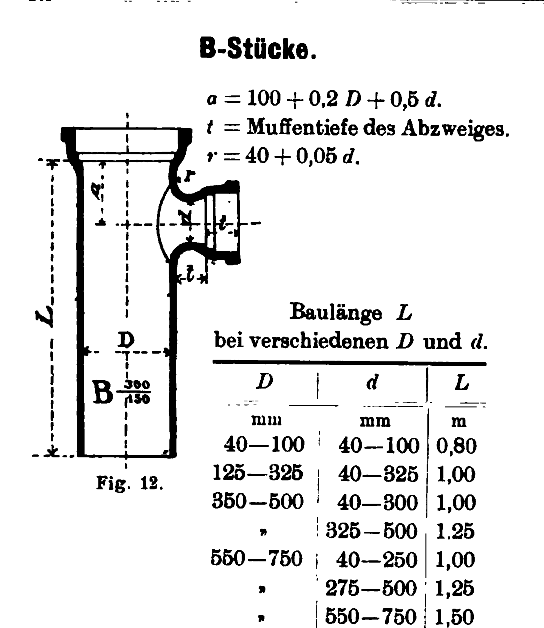


Fig. 12.

Baulänge L bei verschiedenen D und d.

D	d	L
mm	mm	m
40—100	40—100	0,80
125—325	40—325	1,00
350—500	40—300	1,00
„	325—500	1.25
550—750	40—250	1,00
„	275—500	1,25
„	550—750	1,50

L-Stücke.

K-Stücke.

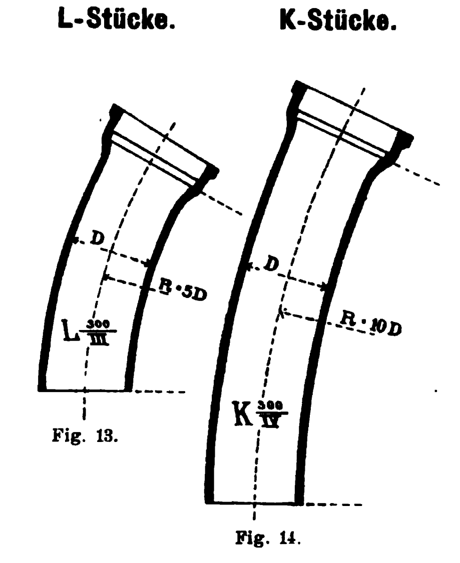


Fig. 13.

Fig. 14.

C-Stücke.

$a = 80 + 0{,}1\,D + 0{,}7\,d.$
$l = 0{,}75\,a.\quad r = d.$

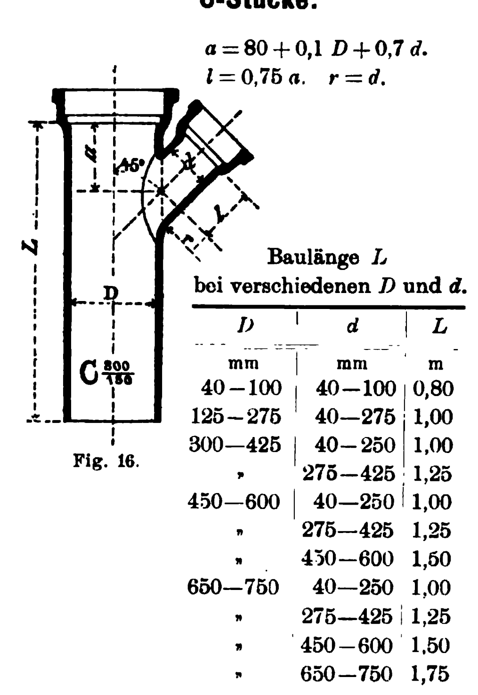


Fig. 16.

Baulänge L bei verschiedenen D und d.

D	d	L
mm	mm	m
40—100	40—100	0,80
125—275	40—275	1,00
300—425	40—250	1,00
„	275—425	1,25
450—600	40—250	1,00
„	275—425	1,25
„	450—600	1,50
650—750	40—250	1,00
„	275—425	1,25
„	450—600	1,50
„	650—750	1,75



J-Stücke.

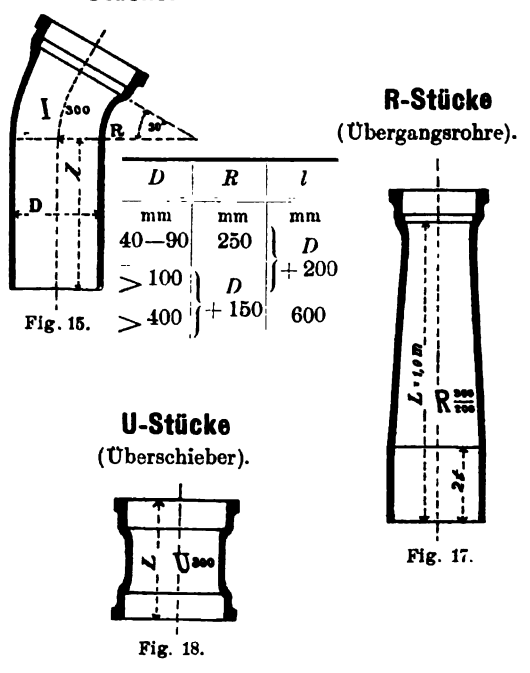


Fig. 15.

D	R	l
mm	mm	mm
40—90	250	D
$>$ 100	$D + 150$	$D + 200$
$>$ 400	$D + 150$	600

R-Stücke

(Übergangsrohre).

Fig. 17.

U-Stücke

(Überschieber).

Fig. 18.

$L = 4$ Muffentiefen.

Rohrnormalien.

für gußeiserne Muffen- und Flanschenrohrleitungen.

A-Stücke.

$a = 100 + 0{,}2\,D + 0{,}5\,d.$
$l = 120 + 0{,}1\,d.$
$r = 40 + 0{,}05\,d.$

Fig. 19

Baulänge L bei verschiedenen D und d.

D	d	L
mm	mm	m
40—100	40—100	0,80
125—325	40—325	1,00
350—500	40—300	1,00
"	325—500	1,25
550—750	40—250	1,00
"	275—500	1,25
"	550—750	1,50

T-Stücke.

Fig. 20.

$L = D + 100.$

Fig. 21.

$L = D + 100.$

$l = \frac{D}{2} + \frac{d}{2} + 100.$

E-Stücke.

Fig. 22.

$L = 300$ für alle D.

F-Stücke.

Fig. 23.

$D = 40—475$ $L = 0{,}60$ m.
$D = 500—750$ $L = 0{,}80$ m.

Sämtliche Formstücke über 750 Millimeter Durchmesser gelten nicht als normale Formstücke.

Die speziellen Bezeichnungen sind den einzelnen Formstücken als Beispiel beigeschrieben. Bei den Krümmern bezeichnet die römische Ziffer unter dem Striche die Anzahl der Stücke pro Quadrant. Bei den Gewichtsberechnungen von Formstücken ist dem Gewichte, welches sich nach den normalen Dimensionen ergibt, ein Zuschlag von 15 Prozent, bei Krümmern ein solcher von 20 Prozent zu geben. Größere Abzweigstücke, d. h. solche, deren Abzweigdurchmesser 400 Millimeter und mehr beträgt, sind von 2 Atmosphären Betriebsdruck an sowohl in ihren Wandungen als auch eventuell durch Rippen zu verstärken.

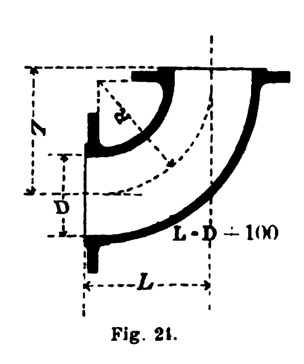


Fig. 24.

Für die Anordnung der Schraubenlöcher bei den Flanschenröhren gilt die Regel, daß die Vertikalebene durch die Achse des Rohres die Entfernung zwischen zwei Schraubenlöchern halbiert.

A-Stücke.

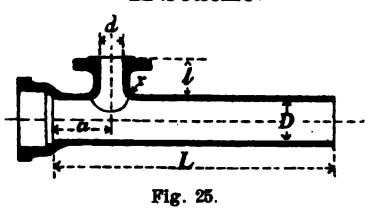


Fig. 25.

Formeln zur Bestimmung der einzelnen Maße.

$a = 100 + 0{,}2\,D + 0{,}5\,d$ mm.
$l = 120 + 0{,}1\,d.$
$r = 40 + 0{,}05\,d.$

Lichter Durchm. *D* mm	Durchmesser *d* des															
	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250
	Gewicht der A-Stücke															
25	6															
30	7	8														
35	8	8	9													
40	12	12	13	14												
50	15	15	16	17	19											
60	18	18	19	20	21	22										
70	21	21	22	23	24	25	27									
80	24	24	25	26	27	28	29	30								
90	26	26	27	28	29	30	31	32	33							
100	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37						
125	43	43	44	45	46	47	48	49	50	51	54					
150	53	53	54	55	56	57	58	59	61	63	66	68				
175	67	68	68	68	69	70	71	72	73	74	76	78	80			
200	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	88	93	95	97		
225	92	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	106	
250	106	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	119	121	123	125
275	121	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	133	136	139	141
300	139	139	140	141	142	143	144	146	147	148	150	152	153	155	156	158
325	155	155	156	157	158	159	160	161	162	164	166	168	171	174	177	180
350	170	170	171	172	173	174	175	176	177	178	180	182	184	187	190	193
375	184	184	185	186	187	188	189	190	191	193	195	197	200	203	206	209
400	204	204	205	206	207	208	209	210	211	212	214	216	219	222	225	228
425	217	217	218	219	220	221	222	223	224	226	228	230	232	235	238	242
450	237	237	238	239	240	241	242	243	244	246	248	250	252	255	258	262
475	258	258	259	260	261	262	263	264	265	267	269	270	273	276	279	283
500	280	280	281	282	283	284	285	286	287	289	291	293	295	298	301	305
550	320	320	321	322	323	324	325	326	327	329	331	333	335	338	341	345
600	360	360	361	362	363	364	365	366	367	369	371	373	375	378	381	385
650	415	415	416	417	418	419	420	421	423	425	427	429	433	437	441	445
700	474	474	475	476	477	478	479	480	482	484	486	488	491	495	497	500
750	536	536	537	538	539	540	541	542	544	546	548	550	553	556	559	563
800	716	716	717	718	719	720	721	722	724	726	728	730	733	736	739	742
900	870	870	871	872	873	874	875	876	878	880	882	884	887	890	893	896
1000	1036	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1044	1046	1048	1050	1053	1056	1059	1062

Baulänge L bei verschiedenen D und d.

D mm	d mm	L mm	D mm	d mm	L mm
25—35	25—35	500	550—750	275—500	1250
40—100	25—100	800	" "	550—750	1500
125—325	25—325	1000	800—1000	25—300	1250
350—500	25—300	1000	" "	325—700	1500
" "	325—500	1250	" "	750—800	1750
550—750	25—250	1000	" "	900—1000	2000

Abzweiges in Millimeter																	
275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000
in Kilogramm ca.																	
144																	
160	162																
184	188	192															
196	199	220	241														
212	216	258	262	278													
231	234	279	285	290	295												
246	250	298	302	306	310	318											
266	270	322	326	330	334	342	348										
287	291	348	352	356	360	366	372	378									
309	314	375	379	383	387	395	400	406	412								
410	415	419	424	430	436	442	448	454	460	534							
465	468	475	480	485	497	502	507	514	522	615	625						
528	531	538	543	548	574	578	584	590	605	700	710	723					
592	595	602	607	613	638	643	649	655	669	786	797	808	826				
667	670	676	681	687	720	725	730	736	750	868	879	894	910	926			
746	752	869	874	879	913	918	923	930	947	964	974	987	1003	1116	1145		
900	904	1045	1050	1055	1096	1102	1107	1113	1133	1150	1160	1173	1188	1324	1358	1525	
1066	1070	1236	1241	1246	1286	1292	1297	1303	1324	1341	1352	1365	1380	1558	1573	1768	1800

B-Stücke.

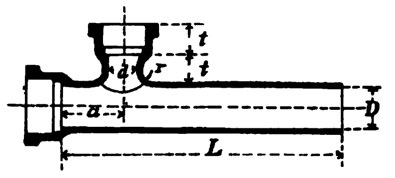


Fig. 26.

Formeln zur Bestimmung der einzelnen Maße.

$a = 100 + 0{,}2\,D + 0{,}5\,d$.

t = Muffentiefe des Abzweiges.

$r = 40 + 0{,}05\,d$.

Lichter Durchm. D mm	Durchmesser d des															
	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250
	Gewicht der B-Stücke															
25	6															
30	7	8														
35	8	8	9													
40	13	13	14	15												
50	15	15	16	17	18											
60	19	19	20	21	22	23										
70	21	21	22	23	24	25	26									
80	25	25	26	27	28	29	30	31								
90	27	27	28	29	30	31	32	33	34							
100	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38						
125	46	46	47	48	49	50	51	52	53	55	57					
150	55	55	56	57	58	59	60	61	62	64	67	70				
175	69	69	70	71	72	73	74	75	76	78	80	82	85			
200	81	81	82	83	84	85	86	87	88	90	92	94	97	100		
225	94	94	95	96	97	98	99	100	101	103	105	107	110	114	118	
250	108	108	109	110	111	112	113	114	115	117	119	122	125	128	132	136
275	124	124	125	126	127	128	129	130	131	133	135	137	140	144	148	153
300	139	139	140	141	142	143	144	145	146	148	150	153	156	160	164	168
325	156	156	157	158	159	160	161	162	163	165	167	170	173	177	181	185
350	174	174	175	176	177	178	179	180	181	183	185	188	191	195	199	203
375	186	186	187	188	189	190	191	192	193	195	197	200	203	207	211	215
400	204	204	205	206	207	208	209	210	211	213	215	218	221	225	229	233
425	218	218	219	220	221	222	223	224	225	227	229	232	235	239	243	247
450	238	238	239	240	241	242	243	244	245	247	249	252	255	259	263	267
475	260	260	261	262	263	264	265	266	267	269	271	274	277	281	285	289
500	282	282	283	284	285	286	287	288	289	291	293	296	299	303	307	311
550	320	320	321	322	323	324	325	326	327	329	331	334	337	341	345	349
600	362	362	363	364	365	366	367	368	369	370	373	376	379	383	387	391
650	415	415	416	417	418	419	420	421	422	424	426	429	432	436	440	445
700	473	473	474	475	476	477	478	479	480	482	484	487	490	494	498	503
750	536	536	537	538	539	540	541	542	543	545	547	550	553	557	561	566
800	716	716	717	718	719	720	721	722	723	725	727	730	733	737	741	745
900	870	870	871	872	873	874	875	876	877	879	881	884	887	891	895	899
1000	1036	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1045	1047	1050	1053	1057	1061	1065

Baulänge L bei verschiedenen D und d.

D mm	d mm	L mm	D mm	d mm	L mm
25—35	25—35	500	550—750	275—500	1250
40—100	25—100	800	„ „	550—750	1500
125—325	25—325	1000	800—1000	25—300	1250
350—500	25—300	1000	„ „	325—700	1500
„ „	325—500	1250	„ „	750—800	1750
550—750	25—250	1000	„ „	900—1000	2000

Abzweiges in Millimeter

275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000
in Kilogramm																	
158																	
173	178																
190	195	200															
208	213	250	255														
220	225	265	270	276													
238	243	287	292	297	324												
252	257	304	309	314	341	346											
272	277	328	333	338	364	369	376										
294	300	353	358	363	390	395	401	408									
316	322	380	385	390	416	421	427	434	443								
415	420	425	430	435	463	468	475	482	490	573							
464	469	474	479	484	512	517	524	532	540	626	642						
528	533	538	543	548	578	583	590	598	606	710	726	745					
597	602	607	612	617	647	652	659	667	675	788	805	824	845				
671	676	681	686	691	724	729	736	744	755	878	895	914	935	958			
750	755	873	878	883	919	924	931	938	958	970	986	1006	1026	1163	1190		
905	910	1050	1055	1060	1100	1105	1112	1119	1136	1150	1165	1185	1205	1366	1392	1582	
1070	1075	1240	1245	1250	1292	1297	1304	1311	1330	1345	1360	1380	1400	1585	1610	1825	1880

C-Stücke.

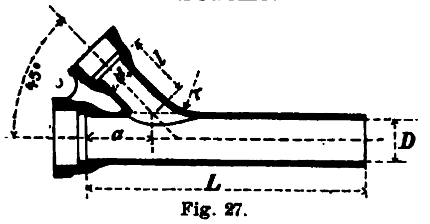


Fig. 27.

Formeln zur Bestimmung der einzelnen Maße:

$a = 80 + 0{,}1\,D + 0{,}7\,d.$

$l = 0{,}75\,a.$

$r = d.$

Lichter Durchm. D mm	Durchmesser d des															
	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250
	Gewicht der C-Stücke															
25	7															
30	8	9														
35	9	9	10													
40	14	14	15	16												
50	17	17	18	19	20											
60	20	20	21	22	23	24										
70	23	23	24	25	26	27	28									
80	28	28	29	30	31	32	33	34								
90	30	30	31	32	33	34	35	36	38							
100	33	33	34	35	36	37	38	39	41	43						
125	50	50	51	52	53	54	55	56	58	60	63					
150	60	60	61	62	63	64	65	66	68	70	73	78				
175	72	72	73	74	75	76	77	78	80	82	85	90	95			
200	86	86	87	88	89	90	91	92	94	96	100	105	110	115		
225	98	98	99	100	101	102	103	104	106	108	112	117	122	127	132	
250	112	112	113	114	115	116	117	118	120	122	125	130	135	140	146	153
275	128	128	129	130	131	132	133	134	136	138	141	146	151	157	163	170
300	144	144	145	146	147	148	149	150	152	154	157	162	167	173	179	186
325	161	161	162	163	164	165	166	167	169	171	174	179	184	190	196	203
350	179	179	180	181	182	183	184	185	187	189	192	197	202	208	214	220
375	191	191	192	193	194	195	196	197	199	201	204	209	214	220	226	232
400	209	209	210	211	212	213	214	215	217	219	222	227	232	238	244	250
425	225	225	226	227	228	229	230	231	233	235	238	243	248	253	259	265
450	245	245	246	247	248	249	250	251	253	255	258	263	268	273	279	285
475	265	265	266	267	268	269	270	271	273	275	278	283	288	293	299	306
500	290	290	291	292	293	294	295	296	298	300	303	308	313	318	324	330
550	326	326	327	328	329	330	331	332	334	336	340	345	350	356	363	370
600	368	368	369	370	371	372	373	374	376	378	382	387	392	398	405	412
650	422	422	423	424	425	426	427	428	430	432	436	441	446	452	458	465
700	480	480	481	482	483	484	485	486	488	490	494	499	504	510	516	523
750	542	542	543	544	545	546	547	548	550	552	556	561	566	572	578	686
800	722	722	723	724	725	726	727	728	730	732	736	741	746	752	758	766
900	878	878	879	880	881	882	883	885	887	890	894	900	906	912	918	925
1000	1041	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1048	1050	1052	1056	1062	1068	1074	1082	1090

Baulänge *L* bei verschiedenen *D* und *d*.

D mm	*d* mm	*L* mm	*D* mm	*d* mm	*L* mm
25—35	25—35	500	650—750	25—250	1000
40—100	25—100	800	„ „	275—425	1250
125—275	25—275	1000	„ „	450—600	1500
300—425	25—250	1000	„ „	650—750	1750
„ „	275—425	1250	800—1000	25—250	1250
450—600	25—250	1000	„ „	275—425	1500
„ „	275—425	1250	„ „	450—600	1750
„ „	450—600	1500	„ „	650—800	2000
			„ „	900—1000	2250

Abzweiges in Millimeter

in Kilogramm ca.

275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000
178																	
220	230																
240	250	260															
260	270	280	290														
275	285	295	305	315													
299	309	318	328	338	374												
315	325	335	345	355	395	407											
345	355	365	375	385	418	430	488										
368	378	388	398	408	445	458	522	535									
395	405	415	425	435	475	488	555	567	580								
440	450	460	470	480	522	535	610	622	635	680							
490	500	510	520	530	567	580	664	676	690	740	775						
552	562	572	582	592	632	645	740	752	766	815	850	980					
620	630	640	650	660	705	718	825	837	850	898	932	1070	1120				
695	705	715	725	735	782	795	910	923	937	985	1020	1170	1220	1270			
887	897	907	917	927	976	988	1118	1132	1148	1204	1238	1392	1446	1500	1555		
1068	1078	1088	1098	1108	1160	1172	1325	1340	1355	1412	1445	1618	1668	1718	1770	2050	
1255	1265	1275	1285	1295	1355	1367	1542	1557	1572	1628	1660	1862	1912	1962	2012	2320	2460

Tabelle zur Gewichtsbestimmung

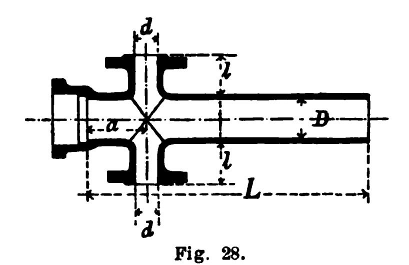


Fig. 28.

AA-Stücke.

Lichter Durchmesser des Abzweiges *d*	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250 mm
Gewicht eines Flansches	2	2	2	3	3	4	4	5	6	7	8	10	10	11	13	15 kg
Gewicht eines Abzweiges mit Flansch	3	3	4	5	5	7	7	9	10	12	14	16	18	21	25	29 kg

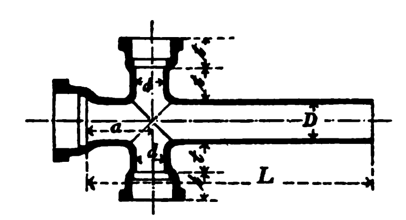


Fig. 29.

BB-Stücke.

Lichter Durchmesser des Abzweiges *d*	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250 mm
Gewicht eines Abzweiges mit Muffe	3	3	4	4	6	6	8	9	11	12	17	18	20	23	27	31 kg
Gewicht einer Muffe	2	2	3	3	4	4	5	6	7	8	12	13	14	16	19	22 kg

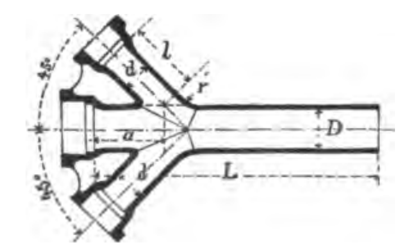


Fig. 30.

CC-Stücke.

Lichter Durchmesser des Abzweiges *d*	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250 mm
Gewicht eines Abzweiges mit Muffe	3	3	4	4	6	6	8	9	11	13	18	20	25	30	37	44 kg
Gewicht einer Muffe	2	2	3	3	4	4	5	6	7	8	12	13	14	16	19	22 kg

der AA-, BB- und CC-Stücke.

Abmessungen dieselben wie A-Stücke.

Um das Gewicht eines AA-Stückes zu bestimmen, addiere man zum Gewicht des A-Stückes das in untenstehender Tabelle verzeichnete Gewicht eines Abzweiges.

275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000 mm
17	19	23	25	28	30	32	35	38	40	50	55	58	65	69	73	80	90 kg
33	37	43	47	52	58	64	70	76	82	98	110	121	138	153	168	200	238 kg

Abmessungen dieselben wie B-Stücke.

275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000 mm
36	41	47	52	58	63	69	76	83	91	104	119	137	160	186	214	264	318 kg
26	29	33	36	40	43	47	52	57	62	72	83	97	112	129	148	186	228 kg

Abmessungen dieselben wie C-Stücke.

275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	1000 mm
53	61	71	79	88	103	117	132	147	160	198	231	272	317	359	433	561	708 kg
26	29	33	36	40	43	47	52	57	62	72	83	97	112	129	148	186	225 kg

K-Stücke.
(Schlanke Bogenstücke
22,5, 30 und 45 Grad.)

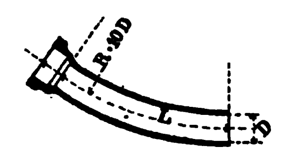


Fig. 31.

Für D von 25—275 mm $R = 10\,D$.

L-Stücke.
(Schlanke Bogenstücke
22,5, 30 und 45 Grad.)

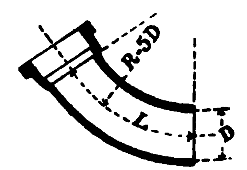


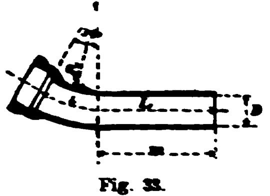
Fig. 32.

Für D von 300—1000 mm $R = 5\,D$.

Lichter Durchmesser D mm	Radius R mm	Baulänge L mm	Gewicht kg	Lichter Durchmesser D mm	Radius R mm	Baulänge L mm	Gewicht kg	Lichter Durchmesser D mm	Radius R mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
K-Stücke 22,5 Grad				**K-Stücke** 30 Grad				**K-Stücke** 45 Grad			
25	250	100	3	25	250	130	3	25	250	200	3
30	300	120	3,5	30	300	160	3,5	30	300	235	4
35	350	140	4	35	350	190	4	35	350	280	5
40	400	160	5	40	400	210	5	40	400	320	7
50	500	200	6	50	500	260	7	50	500	390	9
60	600	240	8	60	600	310	9	60	600	470	12
70	700	280	10	70	700	370	12	70	700	550	15
80	800	320	13	80	800	420	15	80	800	630	20
90	900	350	15	90	900	470	18	90	900	710	24
100	1000	390	18	100	1000	530	21	100	1000	790	28
125	1250	490	26	125	1250	660	35	125	1250	980	43
150	1500	590	38	150	1500	790	46	150	1500	1180	63
175	1750	690	51	175	1750	920	63	175	1750	1370	87
200	2000	790	67	200	2000	1050	83	200	2000	1570	116
225	2250	890	86	225	2250	1180	108	225	2250	1770	152
250	2500	990	108	250	2500	1310	136	250	2500	1970	192
275	2750	1080	132	275	2750	1440	168	275	2750	2160	239
L-Stücke 22,5 Grad				**L-Stücke** 30 Grad				**L-Stücke** 45 Grad			
300	1500	590	96	300	1500	790	118	300	1500	1180	162
325	1625	640	115	325	1625	850	140	325	1625	1270	193
350	1750	690	134	350	1750	920	166	350	1750	1370	229
375	1875	740	151	375	1875	980	187	375	1875	1470	260
400	2000	790	176	400	2000	1050	219	400	2000	1570	305
425	2125	840	195	425	2125	1110	242	425	2125	1670	340
450	2250	890	223	450	2250	1180	278	450	2250	1770	391
475	2375	940	253	475	2375	1250	318	475	2375	1870	447
500	2500	990	288	500	2500	1310	360	500	2500	1970	509
550	2750	1080	350	550	2750	1440	442				
600	3000	1180	423	600	3000	1570	535				
650	3250	1280	520	650	3250	1700	658				
700	3500	1380	632	700	3500	1830	800				
750	3750	1470	752	750	3750	1970	962				
800	4000	1570	895								
900	4500	1770	1196								
1000	5000	1970	1558								

J-Stücke.

(Scharfe Bogenstücke 30 Grad.)


Fig. 33.

$R = 250$ mm für 25—90 mm.
$R = 150 + D$ „ 100—1000 mm.
$m = D + 200$ „ 25—375 mm.
$m = 600$ „ 400—1000 mm.

Lichter Durchmesser *D* mm	Grad	Radius *R* mm	Länge *m* mm	Baulänge *L* mm	Gewicht kg
25	30	250	225	355	4,5
30	30	250	230	360	5,5
35	30	250	235	365	6,5
40	30	250	240	370	7,0
50	30	250	250	380	8,5
60	30	250	260	390	10,5
70	30	250	270	400	12,5
80	30	250	280	410	15
90	30	250	290	420	17
100	30	250	300	430	19
125	30	275	325	468	25,5
150	30	300	350	506	34
175	30	325	375	544	43
200	30	350	400	583	54
225	30	375	425	621	66,5
250	30	400	450	660	80
275	30	425	475	697	95
300	30	450	500	735	113
325	30	475	525	773	131
350	30	500	550	811	152
375	30	525	575	850	168
400	30	550	600	887	193
425	30	575	600	900	205
450	30	600	600	914	228
475	30	625	600	926	251
500	30	650	600	939	278
550	30	700	600	966	322
600	30	750	600	992	370
650	30	800	600	1018	435
700	30	850	600	1044	508
750	30	900	600	1070	586
800	30	950	600	1096	667
900	30	1050	600	1150	863
1000	30	1150	600	1200	1062

K-Stücke 90 Grad. (Schlank.)

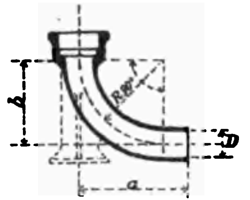


Fig. 34.

Lichter Durchmesser D mm	Grad	Radius R mm	Länge a mm	Länge b mm	Gewicht ohne Fuß kg	Gewicht mit Fuß kg
25	90	210	270	230	3,25	6,00
30	90	210	285	230	3,75	6,75
35	90	250	330	260	6,50	10,00
40	90	250	330	275	7,00	11,00
50	90	250	325	275	10,00	14,50
60	90	265	350	280	13,00	17,8
70	90	265	355	290	15,00	20,5
80	90	275	365	290	18,00	24,5
90	90	275	380	300	20,50	28,0
100	90	300	400	325	23,50	31,5
125	90	325	440	350	32,00	43,0
150	90	350	470	380	42,50	56,5
175	90	400	525	450	57,50	74,5
200	90	400	550	460	70,50	90,5

K-Stücke 90 Grad. (Scharf.)

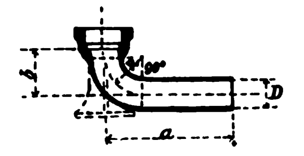


Fig. 35.

Lichter Durchmesser D mm	Grad	Radius R mm	Länge a mm	Länge b mm	Gewicht ohne Fuß kg	Gewicht mit Fuß kg
25	90	75	225	125	3,0	4,5
30	90	80	250	125	3,25	5,5
35	90	100	275	150	4,0	6,5
40	90	100	275	150	5,0	7,5
50	90	125	275	160	8,5	12,0
60	90	125	300	175	11,5	15,5
70	90	125	300	175	13,0	17,5
80	90	135	335	185	16,0	21,0
90	90	150	350	200	18,5	24,0
100	90	150	370	200	20,5	26,5
125	90	175	450	225	30,0	38,5
150	90	200	475	230	39,0	49,5
175	90	230	550	275	53,0	65
200	90	250	650	325	72,0	87
225	90	250	650	325	84,0	104
250	90	275	650	325	97,0	122
275	90	300	650	325	110,0	140
300	90	355	710	430	139,0	174
325	90	400	720	440	158,0	200
350	90	400	750	500	189,0	238
375	90	450	780	525	207,0	263
400	90	500	830	550	240,0	302
425	90	515	840	590	260,0	332
450	90	525	860	600	290,0	372
475	90	540	875	615	320,0	412
500	90	550	895	630	354,0	456
550	90	575	925	660	416,0	538
600	90	600	960	685	485,0	627
650	90	625	990	710	572	742
700	90	750	1125	840	728	968
750	90	775	1155	870	845	1131
800	90	800	1190	895	1095	1450
900	90	850	1255	950	1225	1685
1000	90	900	1320	1010	1540	2100

Der etwa anzubringende Fuß ist in den Figuren 34 und 35 gestrichelt angegeben.

J-Stücke 45 Grad.
(Scharfe Bogenstücke.)

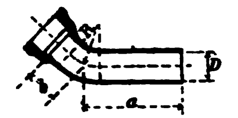


Fig. 36.

Lichter Durchmesser D mm	Grad	Radius R mm	Länge a mm	Länge b mm	Gewicht kg
25	45	75	165	110	3,0
30	45	80	250	125	3,5
35	45	100	250	125	4,0
40	45	100	250	130	5,0
50	45	115	250	145	8,5
60	45	125	250	145	10,5
70	45	125	250	145	12,0
80	45	135	265	145	15,0
90	45	150	275	155	17,0
100	45	150	285	165	19,0
125	45	175	325	175	26,0
150	45	200	350	200	35,5
175	45	230	450	250	51,0
200	45	250	525	300	68,0
225	45	250	550	300	83,0
250	45	275	600	300	99,0
275	45	300	600	300	114,0
300	45	300	600	300	129,0
325	45	350	600	300	142,5

J-Stücke 67,5 Grad.
(Scharfe Bogenstücke.)

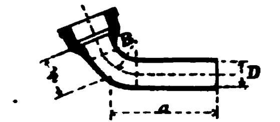


Fig. 37.

Lichter Durchmesser D mm	Grad	Radius R mm	Länge a mm	Länge b mm	Gewicht kg
25	67,5	100	250	125	3,5
30	67,5	100	250	125	3,5
35	67,5	100	250	125	4,0
40	67,5	100	250	140	5,0
50	67,5	115	250	145	8,5
60	67,5	125	250	145	10,5
70	67,5	125	250	145	12
80	67,5	135	265	145	14,5
90	67,5	150	275	155	16,5
100	67,5	150	285	165	18,5
125	67,5	175	325	175	25,5
150	67,5	200	350	200	34,5
175	67,5	230	450	250	50
200	67,5	250	525	300	67

E-Stücke.

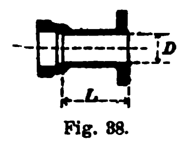


Fig. 38.

$L = 300$ mm für alle D.

Lichter Durchmesser D mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
25	300	4,5
30	300	5
35	300	6
40	300	7,5
50	300	9,5
60	300	12
70	300	13,5
80	300	16
90	300	17,5
100	300	19
125	300	25
150	300	31,5
175	300	37,5
200	300	45
225	300	51
250	300	59
275	300	67,5
300	300	76
325	300	87
350	300	97
375	300	105
400	300	116
425	300	130
450	300	141
475	300	154
500	300	168
550	300	196
600	300	219
650	300	248
700	300	285
750	300	330
800	300	363
900	300	433
1000	300	529

F-Stücke.

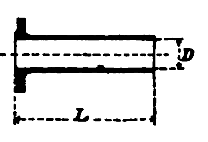


Fig. 39.

$L = 600$ mm für $D = 25$ bis 475 mm.
$L = 800$ „ „ $D = 500$ „ 1000 „

Lichter Durchmesser D mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
25	600	4,5
30	600	5
35	600	5,5
40	600	7
50	600	9,5
60	600	12
70	600	13,5
80	600	16
90	600	18
100	600	20
125	600	26
150	600	32,5
175	600	39
200	600	46
225	600	53
250	600	61
275	600	70
300	600	78
325	600	90
350	600	100
375	600	108
400	600	118
425	600	132
450	600	144
475	600	157
500	800	213
550	800	247
600	800	275
650	800	310
700	800	353
750	800	395
800	800	435
900	800	518
1000	800	605

Doppelmuffen.

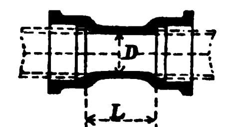


Fig. 40.

Lichter Durchmesser D mm	Baulänge L mm	Gewicht kg
25	100	4,5
30	100	5
35	100	6
40	100	7
50	115	8,5
60	115	9
70	120	10
80	120	12,5
90	125	14.5
100	135	16.5
125	150	22
150	150	28.5
175	150	34
200	160	40
225	160	48
250	160	56
275	160	64
300	175	74
325	175	83
350	175	93
375	175	99
400	175	112
425	200	129
450	200	140
475	200	153
500	200	169
550	200	192
600	200	212
650	200	230
700	200	247
750	200	[illegible]
800	200	[illegible]
900	200	477
1000	200	[illegible]

Endstöpsel und Blinddeckel.

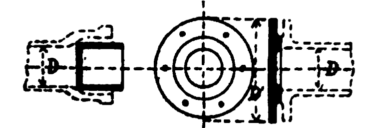


Fig. 41. Fig. 42.

Lichter Durchmesser D mm	Gewicht Endstöpsel kg	Gewicht Blinddeckel kg
25	0,5	1,25
30	0,6	1,50
35	0,75	1,75
40	1,0	2,0
50	1,25	2,75
60	1,50	3,50
70	2,0	4,0
80	2,5	4,75
90	2,75	5,5
100	3	6,25
125	4.50	8.25
150	7,50	11,0
175	8	13,5
200	10	16
225	11,5	18
250	14	22
275	16	27
300	20,5	29
325	23	36
350	27	41
375	30,5	46,5
400	35	52
425	42	58
450	48	64
475	54	71
500	60	79
550	75	103
600	85	117
650	102	133
700	122	155
750	142	[illegible]
800	165	[illegible]
900	212	[illegible]
1000	[illegible]	[illegible]

R-Stücke (Übergangsröhren).

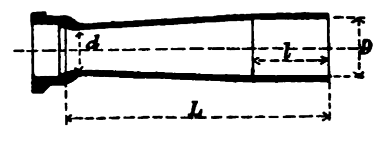


Fig. 43.

Lichter Durchm. D mm	Durchmesser d des Muffenendes																			
	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
	Gewicht der R-Stücke																			
30	9																			
35	10	11																		
40	10	11	12																	
50	12	12	13	14																
60	13	14	15	16	17															
70	14	15	16	17	18	21														
80	16	17	18	19	20	23	23													
90	17	18	19	20	21	24	25	28												
100	18	19	20	21	23	25	26	28	31											
125				25	26	29	31	33	35	37										
150					31	33	35	37	39	41	46									
175						38	40	42	44	46	51	58								
200							44	47	49	50	56	63	70							
225							49	52	54	56	61	68	75	83						
250								57	60	61	67	73	80	88	96					
275								64	65	67	73	79	86	94	102	111				
300									72	73	79	86	93	100	108	117	126			
325										80	85	92	99	107	115	124	133	143		
350											92	99	106	114	122	130	140	150	160	
375											97	104	111	118	126	135	144	154	164	175
400											104	111	118	126	134	142	152	162	172	183
425												116	123	130	138	147	156	166	176	187
450												124	131	138	146	155	164	174	184	195
475													139	147	155	163	172	182	193	203
500														155	163	172	181	191	201	212
550															177	186	195	205	215	226
600																201	210	220	231	241
650																	230	240	250	261
700																		262	272	283
750																			295	305
800																				330
900																				
1000																				

L = für alle Durchmesser = 1,0 Meter.
l = $2\,t$ (2 Muffentiefen).

in Millimeter													Lichter Durchm. D
375	400	425	450	475	500	550	600	650	700	750	800	900	
in Kilogramm ca.													mm
													30
													35
													40
													50
													60
													70
													80
													90
													100
													125
													150
													175
													200
													225
													250
													275
													300
													325
													350
													375
189													400
194	207												425
202	215	222											450
210	228	230	243										475
219	232	239	251	264									500
233	246	253	265	278	293								550
248	261	268	280	293	308	332							600
268	281	288	300	313	328	352	376						650
290	303	310	322	335	350	373	398	431					700
312	325	333	345	358	372	396	421	455	493				750
337	350	357	369	382	397	420	445	479	518	555			800
383	395	403	415	428	443	466	491	525	564	602	646		900
	446	453	465	478	492	516	541	575	614	651	696	778	1000

U-Stücke (Überschieber).

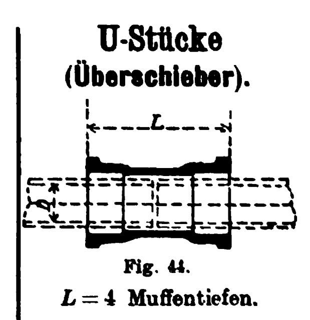


Fig. 44.

L = 4 Muffentiefen.

Lichter Durchm. D	Länge L	Gewicht
mm	mm	kg
25	260	5
30	280	5,5
35	296	6
40	296	7
50	308	8
60	320	10
70	328	11
80	336	13
90	344	15
100	352	16,5
125	364	19,5
150	376	25
175	388	34
200	400	40
225	400	46
250	412	54
275	412	62
300	420	71
325	420	80
350	428	89
375	428	96
400	440	110
425	440	122
450	448	135
475	448	148
500	460	158
550	468	180
600	480	205
650	488	240
700	500	280
750	508	315
800	520	365
900	520	455
1000	560	560

Gerade Flanschenrohre und Paßstücke.

Gummidichtringe. Schrauben.

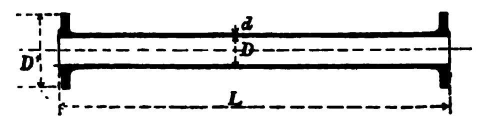
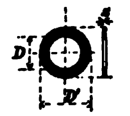


Fig. 45.



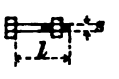


Fig. 46.

(Alle hier nicht verzeichneten Abmessungen siehe S. 26.)

Lichte Weite D	Bau-länge L	Wand-stärke d	Flansch-durchmess. D'	Gewicht per Stück	Baulänge L				Gummidichtringe			Schrauben		
					0,5m	1,0m	1,5m	2,0m	D	D'	s	Anzahl	s	l
mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kg	kg	mm	mm	mm	St.	mm	mm
40	2	8	140	21,28	9	14	18,5	23,5	42	90	$2\frac{1}{4}$	4	13	70
50	2	8	160	25,96	11	17	23	28,5	52	100	3	4	16	75
60	3	8,5	175	45,70	14	21	28,5	35,5	62	110	3	4	16	75
70	3	8,5	185	52,02	15,5	24	32	40,5	72	120	3	4	16	75
80	3	9	200	62,40	18,5	28,5	38,5	48,5	82	130	3	4	16	75
90	3	9	215	69,61	21	32	43	54,5	92	140	3	4	16	75
100	3	9	230	76,94	23	35,5	48	60	102	156	3	4	19	85
125	3	9,5	260	99,82	30	46	62	78	127	181	$3\frac{1}{4}$	4	19	85
150	3	10	290	124,70	37	57	77	97	152	206	$3\frac{1}{4}$	6	19	85
175	3	10,5	320	151,00	44	68,5	93	117,5	177	235	$3\frac{1}{4}$	6	19	85
200	3	11	350	180,00	53	82	111	140	202	260	$3\frac{1}{4}$	6	19	85
225	3	11,5	370	207,89	58,5	92,5	137,5	160,5	227	285	$3\frac{1}{2}$	6	19	85
250	3	12	400	240,79	68	107,5	147	186	253	310	$3\frac{1}{2}$	8	19	100
275	3	12,5	425	274,37	77	121	167	212	278	335	$3\frac{1}{2}$	8	19	100
300	3	13	450	308,68	85	135,5	187	237,5	303	360	$3\frac{1}{2}$	8	19	100
325	3	13,5	490	351,20	100	157,5	214,5	272	328	395	$3\frac{3}{4}$	10	22	105
350	3	14	520	390,79	111	174,5	238,5	302,5	353	420	$3\frac{3}{4}$	10	22	105
375	4	14	550	544,44	122	190	258	326,5	378	445	$3\frac{3}{4}$	10	22	105
400	4	14,5	575	598.40	131,5	206,5	282	357	403	471	4	10	22	105
425	4	14,5	600	636	141	221	301	381	428	495	4	12	22	105
450	4	15	630	696	154	241	328	416	453	520	4	12	22	105
475	4	15,5	655	758	167	262	358	453	478	555	4	12	22	105
500	4	16	680	822	180	284	387	482	503	580	4	12	22	105
550	4	16,5	740	941	214	332	449	566	553	630	4	14	26	120
600	4	17	790	1051	236	368	499	630	603	680	4	16	26	120
650	4	18	840	1196	261	412	563	713	653	730	4	18	26	120
700	4	19	900	1358	296	466	638	809	703	780	4	18	26	120
750	4	20	950	1523	325	518	711	904	753	830	4	20	26	120
800	4	21	1020	1725	366	582	798	1014	803	890	4	20	29,5	130
900	4	22,5	1120	2059	423	683	943	1203	903	990	4	22	29,5	130
1000	4	24	1220	2456	520	827	1135	1444	1003	1090	4	24	29,5	130
1100	4	26	1320	2883	615	981	1238	1605	1103	1190	4	26	29,5	130
1200	4	28	1428	3377	694	1125	1556	1986	1203	1290	4	28	29,5	130

Flanschen-Formstücke.

Krümmer (90 und 45 Grad) **T-Stück.** **Kreuzstück.**

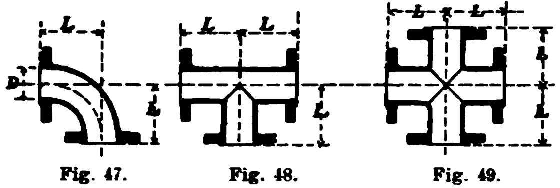


Fig. 47. Fig. 48. Fig. 49.

(Alle hier nicht verzeichneten Abmessungen siehe S. 26 u. 29.)

Lichte Weite D	Wand-stärke d	Flanschen-durchmesser D'	Länge $L = D + 100$	Gewicht: Krümmer 90 Grad	Gewicht: Krümmer 45 Grad	Gewicht: T-Stück	Gewicht: Kreuz-stück
mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kg
40	8	140	140	7	7,5	10.5	14
50	8	160	150	9	9,5	13,5	17,5
60	8,5	175	160	11,5	12	17	22
70	8,5	185	170	13	14	19	25
80	9	200	180	15.5	17	23	30
90	9	215	190	18	19,5	26,5	35
100	9	230	200	20,5	22	30,5	40
125	9,5	260	225	28	31	40,5	52
150	10	290	250	36	40	51	65
175	10,5	320	275	45	49.5	66	73
200	11	350	300	56,5	62	82	105
225	11,5	370	325	65	72.5	95	118
250	12	400	350	79.5	89	115	142
275	12,5	425	375	93,5	104,5	135.5	167
300	13	450	400	102	122	157	194
325	13,5	490	425	132	148	189.5	234
350	14	520	450	151,5	170,5	217	265
375	14	550	475	162	197,5	245,5	300
400	14,5	575	500	182	216	275	335
425	14,5	600	525	200	230	303	368
450	15	630	550	227	265	342	414
475	15,5	655	575	255	293	381	456
500	16	680	600	284	335	424	517
550	16,5	740	650	352	—	527	633
600	17	790	700	412	—	614	733
650	18	840	750	488	—	741	860
700	19	900	800	583	—	860	1019
750	20	950	850	681	—	1066	1189
800	21	1020	900	800	—	1177	1382
900	22,5	1120	1000	1034	—	1511	1763
1000	24	1220	1100	1349	—	1960	2284

Ist der Grundpreis pro 100 Kilogramm normaler Muffenröhren bekannt (1907 beträgt er zwischen 11 und 12 Mark), so ist derselbe gültig für alle Lichtweiten, die 200 Millimeter und mehr (bis zu 1200 Millimeter) betragen. Für Röhren von 100 Millimeter bis 175 Millimeter einschließlich sind 0,5 Mark, für solche von 70 bis 90 Millimeter einschließlich 1,0 Mark zuzuschlagen. Bei Röhren kleinerer Dimension sind die Aufpreise:

Durchmesser in Millimeter	60	50	40	35	30	25
Aufpreis in Mark . . .	1,5	2,0	2,5	2,5	4,0	4,5

Die Preise gelten für gerade Röhren normaler Baulänge.

Für höhere Pressungen von 10 bis 75 Atmosphären Betriebsdruck fertigt die Friedrich-Wilhelmshütte in Mülheim a. d. Ruhr gußeiserne Röhren mit verstärkten Wandungen nach folgender Tabelle an. Die Muffenstirnen verstärkter Röhren werden zur Kennzeichnung weiß gestrichen.

Tabelle der Wandstärken δ für gußeiserne Röhren bei hohem Druck von der Friedrich-Wilhelmshütte in Mülheim a. d. Ruhr.

Berechnet nach der Formel $\delta = D \cdot \frac{1}{2}\frac{p}{k}\left[1 + \frac{1}{2}\frac{p}{k} + \frac{1}{6}\left(\frac{p}{k}\right)^2\right] + C.$

In Millimeter.

Lichter Durchmesser des Rohres D	$\delta =$ 0,025 D +8mm	$\delta =$ 0,036 D +8mm	$\delta =$ 0,048 D +8mm	$\delta =$ 0,06 D +8mm	$\delta =$ 0,072 D +8mm	$\delta =$ 0,096 D +8mm	$\delta =$ 0,12 D +8mm	$\delta =$ 0,144 D +8mm	$\delta =$ 0,168 D +8mm	$\delta =$ 0,18 D +8mm	Bemerkungen
mm	$p \geqq 10$	15	20	25	30	40	50	60	70	75	Atmosphären
40	9	9,5	10	10,5	11	12	13	14	15,5	15,5	Die zulässige Beanspruchung des Gußeisens auf Zug ist mit $k = 250$ kg pro Quadratzentimeter angenommen, $C = 8$ mm = Const. Für $p =$ 5 Atmosphären ist $\delta = 0{,}014\,D + 8$mm, demnach 5 bis 20 Prozent kleiner ausführbar. Größere Wandstärken als 45 mm sind wegen der an der Außenhaut beim Erstarren auftretenden Spannungen nicht zu empfehlen. Der in Spalte 1 angegebene lichte Durchmesser bezieht sich auf Normalrohre, durch die vermehrte Wandstärke wird er verringert, und muß, falls die Lichtweite eingehalten werden soll, zu einem nächsthöheren Durchmesser gegriffen werden.
50	9,5	10	10,5	11	11,5	13	14	15	16,5	17	
60	9,5	10	11	11,5	12,5	14	15	16,5	18	19	
70	10	10,5	11,5	12	13	14,5	16,5	18	20	20,5	
80	10	11	12	13	14	15,5	17,5	19,5	21,5	22,5	
90	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	16,5	19	21	23	24	
100	10,5	11,5	13	14	15,5	17,5	20	22,5	25	26	
125	11	12,5	14	15,5	17	20	23	26	29	30,5	
150	12	13,5	15,5	17	19	22,5	26	29,5	33	35	
175	12,5	14,5	16,5	18,5	20,5	25	29	33	37,5	—	
200	13	15	18	20	22,5	27	32	37	41,5	—	
225	13,5	16	19	21,5	24	29,5	35	40,5	—	—	
250	14,5	17	20	23	26	32	38	44	—	—	
275	15	18	21,5	24,5	28	34,5	41	—	—	—	
300	15,5	19	23	26	29,5	37	44	—	—	—	
325	16	20	24	27,5	31,5	39	—	—	—	—	
350	17	21	25	29	33	41,5	—	—	—	—	
375	17,5	21,5	26	30,5	35	44	—	—	—	—	
400	18	22,5	27	32	37	46,5	—	—	—	—	
425	18,5	23	28,5	33,5	38,5	—	—	—	—	—	
450	19,5	24	29,5	35	40,5	—	—	—	—	—	
475	20	25	31	36,5	42	—	—	—	—	—	
500	21	26	32	38	44	—	—	—	—	—	
550	22	28	34,5	41	—	—	—	—	—	—	
600	23	29,5	37	44	—	—	—	—	—	—	
650	24,5	31,5	39	—	—	—	—	—	—	—	
700	26	33	41,5	—	—	—	—	—	—	—	
750	27	35	44	—	—	—	—	—	—	—	

Bezüglich verminderter Wandstärken wird bei den Heberleitungen § 55 Näheres erörtert.

Panzerrohre System Rogé (Fig. 50) sind als Muffenröhren von der Hütte in Pont à Mousson in den Handel gebracht, um den Leitungsröhren aus Gußeisen eine größere Widerstandsfähigkeit zu verleihen. In gewissen Abständen der Längsachse wird die Wandstärke in einer Breite von 80 bis 90Millimeter gegen außen erhöht; auf diese erhöhten Rippen werden Stahl-

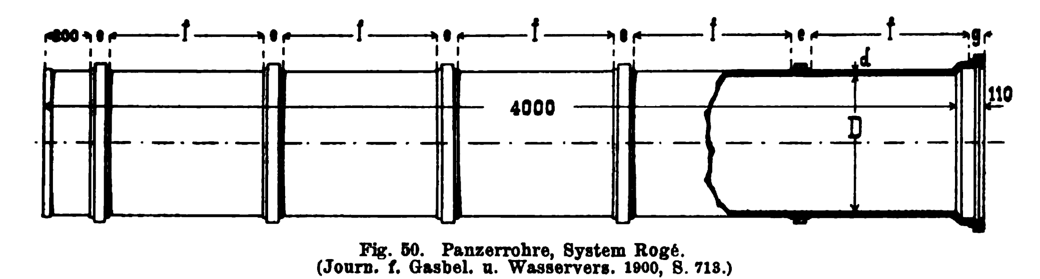


Fig. 50. Panzerrohre, System Rogé.
(Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 713.)

ringe, welche aus dem Vollen gewalzt sind, warm aufgezogen, so daß die Rohrwand bei leeren Röhren unter äußerer Pressung steht. Die einzelnen Stücke haben eine Baulänge von 4,00 Meter. Die Preise sind wesentlich höher als die der glatten gußeisernen Röhren, was aber durch ihre Dauerhaftigkeit aufgewogen werden soll. Hergestellt werden die Röhren in den in der folgenden Tabelle aufgeführten Abmessungen [162].

Innerer Rohrdurchmesser *D*	Gußeisernes Rohr: Wandstärke *d*	Gußeisernes Rohr: Länge von *e*	Länge von *f*	Länge von *g*	Gewicht Gußeisen pro Rohr	Gewicht Gußeisen pro m Nutzlänge	Panzerring am Schaft: Anzahl	Querschnitt	Gewicht eines Ringes	Gewicht der 5 Ringe	Panzerring an der Muffe: Querschnitt	Gewicht des Ringes	Panzerringe am Schaft und an der Muffe: Gewichte der 6 Ringe	Gewichte d. Stahls pro m Nutzlänge	Gewichte d. Ringe p. Tonne Gußeisen	Panzerrohr: Gesamtgewicht	Panzerrohr: Gewicht pro m Nutzlänge
mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg		mm	kg	kg	mm	kg	kg	kg	kg	kg	kg
600	18	80	693	45	1132	283	5	60×18	17,75	88,75	40×20	14,5	103,25	25,8	91,21	1235,25	308,8
650	18,5	80	693	45	1256	314	5	60×19	20,2	101,0	40×20	15,5	116,5	29,125	92,75	1372,5	343,12
700	19	85	688	45	1384	346	5	65×19	23,45	117,25	40×20	16,55	133,8	33,45	96,675	1517,8	379,45
800	20	83	688	45	1652	413	5	65×20	27,95	139,75	40×25	23,4	163,15	40,8	98,76	1815,15	453,8
900	21	85	687	50	1948	487	5	65×21	32,8	164,0	45×25	29,2	193,2	48,3	99,18	2141,2	535,3
1000	22	83	686	55	2262	566	5	65×22	37,95	189,75	55×25	36,18	225,93	56,483	99,88	2487,93	621,98
1100	25	85	686	55	2788	697	5	65×25	47,5	237,5	55×25	39,1	276,6	69,15	99,21	3064,6	766,15
1250	25	90	681	55	3204	801	5	70×25	57,55	287,75	55×30	52,6	340,35	85,1	106,225	3544,35	886,1
1500	28	90	679	65	4232	1058	5	70×28	77,12	385,6	60×35	87,4	473,0	118,25	111,16	4705,0	1176,25

Versteifte abnormale Formstücke. Bei Formstücken großen Kalibers, etwa von 500 Millimeter aufwärts, besonders bei abnormalen (Kreuzstücke, Abzweige der verschiedensten Lichtweite), bei welchen auf sicheren Vorrat in der Regel nicht zu rechnen ist, weshalb Rohrbrüche in diesen Formstücken zu einem bedenklichen Stillstand eines Wasserversorgungsbaues führen, da ein Ersatzstück oft erst in Wochen beschafft werden kann, empfiehlt es sich, wenn es sich um Drücke über 6 Atmosphären handelt, diese Formstücke vor dem Verlegen mit einem oder mehreren warm aufgezogenen schmiedeisernen Schrumpfringen zu umgeben (Fig. 51). Die schwächste Stelle bei jedem T- oder Kreuzstück ist bekanntlich die Schnittfläche der beiden sich durchdringenden Hohlzylinder; in ihr kann die Ausbauchung bei der Druckprobe oder bei etwa vorkommenden Stößen in der Leitung eine die Elastizitätsgrenze des Gußeisens überschreitende Größe annehmen, da die benachbarten Rohrzylinderwände sich hier bei der Druckverteilung im Inneren des Rohres mit ihrer Festigkeit kaum oder gar nicht beteiligen. Bei Formstücken, welche in Pumpstationen verlegt werden, daher nicht wie die großen Rohrlieferungen von den Hüttenwerken, sondern von den die Maschinen bauenden Fabriken stammen, werden für obigen Zweck im Innern des Stückes an der gedachten Stelle Verstärkungsrippen oder runde, auch hohle Verbindungsstege eingegossen (Fig. 52). Bei sehr hohen Drücken kann durch Zusammenziehen mittels einer Schraube auch die Zugspannung im Verbindungssteg aufgehoben werden.

Die Herstellung gußeiserner Röhren [117] bis [126]. Bei der Friedrich-Wilhelmshütte in Mülheim a. d. Ruhr, welcher die nachstehenden Angaben entnommen sind, und wohl bei allen modern eingerichteten Röhrengießereien werden die Rohre unter Verwendung eines Formkastens nach Fig. 53 stehend (wie die Figur zeigt) gegossen, die Rohrspitze (Zopfende, Schwanzende, glattes Ende) nach unten. Zur Erzielung von Dichtheit und gleichmäßigen Wandstärken ist stehender Guß bei

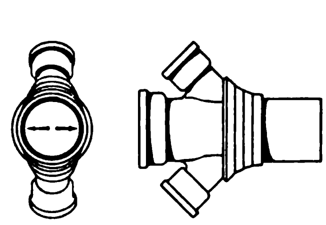


Fig. 51. Verstärkung durch Schrumpfringe.

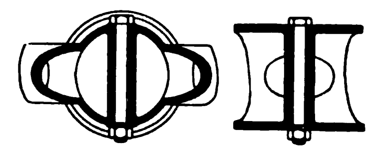


Fig. 52. Verstärkung durch gußeiserne Stege.

Zu Fig. 53.
qq Zweiteiliger Formkasten.
ad Zentrierung des Kernes.
bcd Aufgestampfter Sand.
gg Über die Strohseilwicklung aufgetragene Kernmasse.
kk Blechtrommel des Kernes.
xx Luftlöcher in der Trommel.
ss Kernspindel.
y bis e Verlorener Kopf.

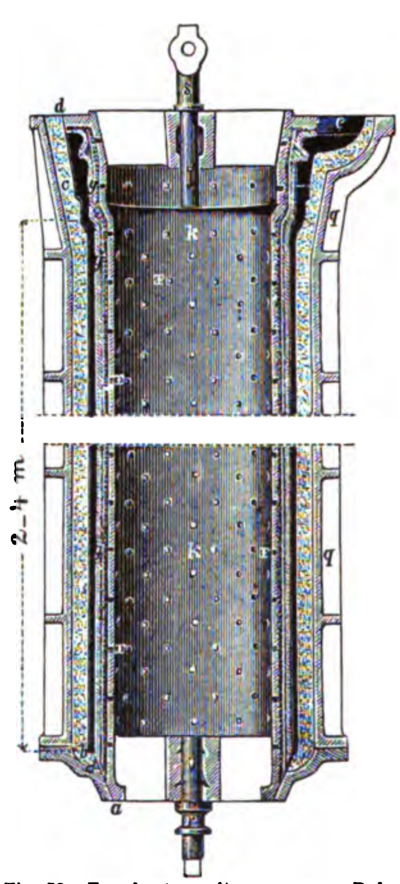


Fig. 53. Formkasten mit gegossenem Rohr der Friedrich-Wilhelmshütte in Mülheim a. d. Ruhr.

geraden Röhren, unter Ausschluß von Kernstützen und Kernnägeln, unbedingt geboten. Früher goß man die Röhren stehend mit der Muffe nach unten, überzeugte sich jedoch bald, daß das Spitzende als der schwächste Teil des Rohres möglichst zu stärken sei, was unter dem Drucke einer flüssigen Eisensäule von 3 bis 4 Meter, entsprechend 2 bis 3 Atmosphären, geschieht, indem das untere Eisen dichter wird. Von allergrößter Wichtigkeit ist die Verwendung guten Roheisens, und zwar ist der gefährlichste Feind des Eisens in Bezug auf Festigkeit bei vorübergehenden Formänderungen, wie sie bei den Druckproben, Erschütterungen beim Transport und Verlegen, Stößen im Betrieb durch rasches Schließen von Hydranten, Schiebern u. s. f. an Röhren vorkommen, ein zu großer Phosphorgehalt.

Nachstehende Tabelle zeigt einige chemische Analysen von 7 verschiedenen Marken der Gießereiroheisensorten, welche gattiert, d. h. so gemischt verwendet werden müssen, daß das erzeugte Roheisen aus dem die Röhren gegossen werden, einen Phosphorgehalt von nicht über 1 Prozent erhält.

Marke		Silicium Si Prozent	Phosphor P Prozent	Schwefel S Prozent	Graphitischer Kohlenstoff Cg Prozent	Chem. gebundener Kohlenstoff C Prozent	Kupfer Cu Prozent	Mangan Mn Prozent	Eisen Fe Prozent
1. Coltness Nr. I	schottische	3,50	0,984	0,022	3,30	0,20	0,099	1,58	90,24
2. Langloan	schottische	2,93	0,752	0,041	3,40	0,46	0,071	1,62	90,51
3. Clarence Nr. III	englische	2,52	1,49	0,055	3,39	0,13	0,038	0,68	91,40
4. Linthorpe	englische	3,08	1,80	0,025	3,33	0,12	0,045	0,82	89,82
5. Luxemburg-Lothringen	deutsche	2,70	1,83	0,040	3,31	0,31	0,059	0,68	91,06
6. Friedrich-Wilhelmshütte Nr. I	deutsche	2,85	0,650	0,021	3,40	0,28	0,031	0,70	92,06
7. „ „ „ III	deutsche	2,12	0,720	0,034	3,05	0,52	0,038	0,69	92,88

Die gute Beschaffenheit des Roheisens zeigt sich bei den in jeder Röhrengießerei regelmäßig angestellten Festigkeitsversuchen [125]. Es werden nach Fig. 54 gegossene Stäbe von quadratischem Querschnitt mit 30 Millimeter Seitenlänge und 1,34 Meter Länge auf Biegungsfestigkeit bei 1 Meter freier Länge zwischen den Stützpunkten geprüft.

Bekanntlich ist: $\frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{b\,h^2}{6} \,.\, k$, wobei k die Bruchfestigkeit für 1 Quadratmillimeter bedeutet; hieraus ergibt sich mit $l = 1000$, $b = 30$, $h = 30$, $k = \frac{P}{18}$. In einer größeren Reihe von Versuchen schwankt die Bruchfestigkeit für 1 Quadratmillimeter gewöhnlich zwischen 29 und 35 Kilogramm, die mittlere beträgt 32 Kilogramm, welche, da $P = 18\,k$, mit $18 \,.\, 32 = 576$ Kilogramm Belastung in der Mitte des Probestabes erreicht wird. Die vor dem Bruch gemessene Durchbiegung beträgt zwischen 19 und 23 Millimeter, die mittlere 21 Millimeter.

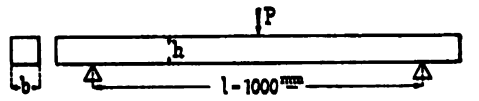


Fig. 54. Festigkeitsprüfung von Gußeisen.

Große Röhrengießereien verwenden nur eigenes oder auf fremden Hochöfen erblasenes Roheisen und vermeiden grundsätzlich den Zusatz von käuflichem Alteisen, das seiner Billigkeit halber sonst sehr beliebt, naturgemäß aber meist von unbekannter Herkunft und daher von zweifelhafter Güte ist; solcher Zusatz kann ganze Hochofenchargen, die bis zu 1000 Zentner betragen, in ihrer chemischen Zusammensetzung nachteilig beeinflussen. —

Die Güte der gegossenen Röhren zeigt sich deutlich beim Zerschlagen derselben; solche, die schon unter dem ersten Schlage zerbrechen, enthalten meist über 1 Prozent Phosphor und sind deshalb spröde; bei phosphorarmem Eisen entstehen nach den ersten Schlägen nur Risse, erst bei wiederholten Schlägen erhält man Bruchstücke. Auf der Friedrich-Wilhelmshütte wurden Proben bezüglich der Biegungsfestigkeit gußeiserner Muffenröhren veranstaltet, indem man sie bei einer Auflagerentfernung von 2620 Millimeter in der Mitte bis zum Bruche belastete. Es ergaben sich hierbei nachstehende Resultate:

Röhren von	80	100	125	175	200	Millimeter Lichtweite
Tragfähigkeit	1403	2060	2929	7357	10143	Kilogramm
bis	1773	2778	4125	9207	13280	„

Die Formkasten nach Fig. 53 haben eine feste unveränderliche Lage; sie hängen senkrecht in einem eisernen Bühnengestelle reihenweise nach Kalibern geordnet im Gießraum und sind aus 2 Teilen zusammengesetzt. Das Aufstampfen der Sandmasse erfolgt nach ganzen, d. h. aus einem ungeteilten Stück bestehenden, eisernen, sorgfältig auf der Drehbank abgedrehten Modellen, die genau die äußere Form des fertigen Rohres haben und nur um das Schwindmaß ($^1/_{96}$) größere Dimensionen besitzen. Diese Modelle sind mit konischen Zentrierringen genau in der Mitte des Formkastens gehalten. Jede Herstellung der äußeren Röhrenform mittels Modellstücken, die allmählich mit dem Wachsen des Sandringes hochgezogen werden, hat den großen Nachteil, daß eine unbedingt richtige, in ihrer ganzen Länge gerade, nicht versetzte Form kaum herzustellen ist, was Veranlassung zu einseitigen Wandstärken gibt. Nach erfolgtem Aufstampfen wird das Modell unter leichten drehenden Bewegungen mittels des Laufkranes, der über den Reihen der Formkasten den Gießraum bestreicht, herausgezogen und die im Formkasten hängende Sandform getrocknet. Dies geschieht entweder durch entzündete Generatorgase oder, bei größeren Röhren, durch untergefahrene Koksfeuer.

Die Lichtweite des Rohres wird durch die sogenannten „Kerne“ gebildet [124a]. Ihre Herstellung ist von größter Wichtigkeit. Fig. 53 zeigt in der Mitte des Formkastens den Kern, der am oberen und unteren Ende gedrehte Spindeln hat; diese werden vorher auf einer Drehbank eingespannt und unter Drehen der an ihnen befestigten Blechtrommel, die siebartige Löcher hat, werden zunächst Strohseile umwickelt, hierauf die Trommel mit einer Mischmasse aus Lehm, Lohe und Pferdemist bestrichen, getrocknet, nochmals dünn bestrichen und genau auf Maß (Lichtweite und Schwindmaß) abgedreht, mit Graphit geschwärzt und abermals scharf getrocknet. Erst dann wird der so hergestellte fertige „Kern“ mittels Kranen vorsichtig in die Sandform des Formkastens genau zentrisch eingehängt. Die Löcher in der Trommel sollen der Luft beim Eingießen des Eisens einen Durchtritt gewähren. Wegen der genauen Zentrierung ist es nötig, daß die Kernspindel in dem Formkasten sowohl unten als oben ringsum dicht anschließt; daher müssen außer der Öffnung für das Eingießen des Eisens noch eine oder mehrere Öffnungen seitlich am oberen Rande der Sandform ausgehöhlt werden, um der durch das eindringende Eisen verdrängten Luft freien Ausgang aus der Hohlform zu gestatten, da sie andernfalls, vom Eisen eingewickelt, nicht mehr entweichen könnte und blasigen Guß zur Folge hätte. Die Strohseilumwicklung erleichtert dem flüssig eingegossenen, allmählich erstarrenden Eisen das Zusammenziehen oder „Schwinden“, so daß keine gefährlichen Spannungen in dem erkalteten Rohr verbleiben. Bald nach dem Gusse zieht man die Kernspindeln heraus, entnimmt nach völligem Erkalten das Rohr dem Formkasten und reinigt es sorgfältig von allem anhängenden Sand u. dgl. Alsdann gelangen die Rohre auf die Probierpresse behufs Prüfung auf Dichtheit, wo sie einem inneren Wasserdrucke von normal 20 Atmosphären bei gleichzeitigem Abklopfen mit mehreren Hämmern ausgesetzt werden. Das Abklopfen unter Druck ist unerläßlich, da man nur auf diese Weise einigermaßen Sicherheit erlangt, daß blasige Gußstellen aufgedeckt werden, die sich teils durch den Klang verraten, teils durch austretendes Wasser sichtbar machen, bei einem ruhigen Probedruck jedoch meist dicht bleiben. Trifft aber der Hammer auf die mit Pfeil bezeichnete Stelle eines Rohres nach Fig. 55, das entweder blasigen Guß oder ungleiche Wandstärke hat, so ist die dünne äußere Wand nicht immer im stande, den Schlag auszuhalten ohne zu reißen. Der Riß kann zwar so fein sein, daß ihn weder das Auge des Prüfenden entdeckt noch daß etwa Druckwasser austräte, zumal der Riß nicht durch die ganze Wandstärke zu gehen braucht. Aber seine Anwesenheit dient, wie weiter unten besprochen werden soll, oft noch nach Jahren zur Aufklärung bezw. Ersatzansprüchen bei eingetretenen Rohrbrüchen. Wenn das Rohr mit ungleicher Wandstärke gegossen wurde, was sich stets ereignet, wenn die Kernspindel nicht stark genug war, um etwaigem seitlich wirkenden Druck des flüssigen Eisens während des Gießens zu widerstehen oder bei liegend geformten und gegossenen Stücken, bei denen sich die Kernspindel in der Mitte durchsenkt, so kann nach dem Hammerschlag die bereits vorhandene ungleiche Spannung im Eisen Veranlassung einer Rißbildung werden. Die ungleiche Spannung entsteht während des Erkaltens der erstarrten Eisenmasse; die dünnen Stellen erkalten zuerst, da sie ihre Eigenwärme am schnellsten an die Umgebung abgeben, und werden fest; die dickeren Stellen bleiben länger flüssig und länger warm, sie ziehen sich also immer noch zusammen, während die dünnen Stellen bereits erstarrt oder abgekühlt sind. Die hierbei von den warmen Eisenteilchen auf die benachbarten kälteren ausgeübte Zusammenziehungskraft tritt hier in Form eines Zuges auf, dessen Maximum eben die dünnste Stelle zu tragen hat, und der bisweilen schon in der Form zu Rissen führt. Wird die so auf Zug angespannte äußere Rohrwand vom Hammer getroffen, so kann der Riß mit großer Sicherheit erwartet werden.

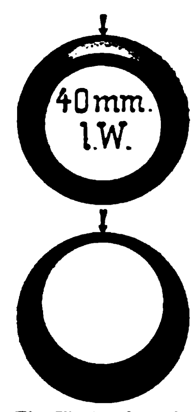


Fig. 55. Prüfung der Rohre auf Gußfehler (Fig. oben), auf ungleiche Wandstärke (Fig. unten).

Ist das Rohr von der Probierpresse (s. § 61) abgespannt und für gut befunden worden, so werden die sogenannten „verlorenen Köpfe“ auf der Drehbank abgestochen, wobei gleichzeitig auch das Spitzende des Rohres eben gedreht wird. Der „verlorene“ Kopf ist der in Fig. 53 ersichtliche oberste verdickte Muffenteil; er wird deshalb angeordnet, damit in ihm sich etwa schaumige, schlackige Eisenmasse, die spezifisch leichter ist und daher im flüssigen Eisen immer obenauf schwimmt, ansammeln kann. Ohne diese Vorkehrung würden die Schlacken in der Muffe oder noch tiefer sitzen bleiben und porösen undichten Guß liefern. Nach dem Abschneiden der Köpfe werden die Röhren wieder erwärmt und durch ein Teer- oder Asphaltbad gezogen, wobei der Asphaltlack mittels Haarbürsten über die Innen- und Außenwände gestrichen wird, was unerläßlich ist, wenn der Überzug wirklich rostschützend bezw. isolierend wirken soll; bloßes Eintauchen in ein heißes Teerbad verhindert nicht, daß sich Luftbläschen unter dem Teer an der Gußwand festsetzen, die später im Betriebe durch den Wasserdruck platzen und Anlaß zu der gefürchteten Rostbildung bieten.

Im heißen Teerbad dringt bei gründlicher Behandlung der dünnflüssige Teer in alle Poren, Risse oder Defekte, die das Rohr von der Probierpresse (unentdeckt oder unberücksichtigt) mitgebracht hat, und zwar umso leichter und tiefer, je mehr das Rohr wieder angewärmt wird, damit es mit dem heißen Teer eine innige Verbindung eingehen soll, wobei alle etwaigen Risse klaffend werden. Begibt es sich dann im Betriebe oder beim Verlegen der Rohre, daß Brüche eintreten, Muffen beim Verstemmen aufgetrieben werden u. dgl., so wird der sogenannte „Brandriß", d. i. der mit schwarzem Teer erfüllte Riß, zum Ankläger dafür, daß in dem Rohr bereits in der Gießerei vor dem Teeren der Defekt an der Bruchstelle vorhanden gewesen sein mußte, da sonst der Teer nicht in die Tiefe des Risses hätte eindringen können. Das Rohr muß dann vom Werk ersetzt werden. — Zeigt die Bruchstelle jedoch keinen „Brandriß", also keine geteerten Innenflächen, sondern nur etwa rostige Flecken, so kann der Riß vor dem Teeren nicht bestanden haben; er ist vielmehr erst durch den Transport, durch das Verlegen u. s. f. herbeigeführt worden und die Röhrengießerei kann somit als ersatzpflichtig nicht angesehen werden. Bei den vielen in großstädtischen Wasserwerksbetrieben stattfindenden Fällen von Rohrbrüchen ist dieser Punkt nicht unwichtig.

Der Guß der Röhren bis 200 Millimeter Lichtweite erfolgt ununterbrochen in Tages- und Nachtschichten aus Kupolöfen, in welchen das aus den Hochöfen erblasene Roheisen umgeschmolzen und dadurch geläutert wird. Röhren unter 200 Millimeter Lichtweite, ferner normale Flanschenröhren und Formstücke werden von den Fabriken stets auf Lager gehalten. Die Formstücke werden liegend geformt und teils liegend, teils stehend gegossen; die Kerne müssen hier mittels besonderer verzinkter Eisenstützen, Kernstützen, Kernsteifen, die in der Rohrwand verbleiben, gegen die äußere Form abgesteift werden, was ein sehr sorgfältiges Einlegen des Kernes erfordert; daher ist die Vermehrung der Wandstärke und des Gewichtes um 15 Prozent, bei Krümmern um 20 Prozent, gegen die Normalgewichte gerechtfertigt. Vgl. S. 29 Abs. 2.

L i t e r a t u r über Fabrikation gußeiserner Röhren. [117] Cramer, Fabrikation gußeiserner Röhren. Deutsche Industrieztg. 1871, S. 162. — [118] Jacobi, Röhrengießerei der Adalbertshütte in Kladno. Polyt. Zentralbl. 1872, S. 850. — [119] Knappe, Neuerungen in der Anordnung und Herstellung von Röhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 269 (1888), S. 387. — [120] Fabrikation gußeiserner Rohre. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 357; 1893, S. 181. — [121] Dürre, Handbuch des Eisengießereibetriebes. Berlin 1896. — [122] Fabrikation gußeiserner Rohre. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 199; 1900, S. 713; 1901, S. 238. — [123] Cast iron pipe in the United States. Engineer. April 1901, S. 389. — [124] Die Fabrikation gußeiserner Rohre in Frankreich, England und Amerika. Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasservers. 1902, S. 351. — [124a] Kernformmaschinen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1904, S. 1036. — [125] Martens, A., Vorschriften für die Lieferung von Gußeisen, aufgestellt vom Verein deutscher Eisengießereien. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1905, S. 404. — [126] Einrichtungen für die Röhrengießerei. Stahl u. Eisen. 1905, S. 1139. — [126a] Simon, Entwicklung der Anlagen von Röhrengießereien. Ebenda 1907, S. 397.

L i t e r a t u r über Überzüge gußeiserner Röhren und Korrosion derselben. [127] Gaudin, Über die Knoten, welche sich in eisernen Wasserleitungsröhren bilden. Ann. d. ponts et chauss. 1852, II, S. 341. — [128] Smiths Verfahren eines Überzuges von Teer-Asphalt zum Schutz gußeiserner Wasserröhren gegen das Rosten. Bayr. Gewerbebl. 1870, S. 246. — [129] Gußeisenrohre mit Glasfutter. Dingl. polyt. Journ. Bd. 222 (1876), S. 414. — [130] Tuyaux en fer avec doublure en verre et en bois pour conduites d'eau. Le technologiste. Bd. 40 (1880), S. 390. — [131] Jarnieson, La corrosion intérieure des tuyaux en fonte employés dans les distributions d'eau. Portef. écon. Bd. 26 (1881), S. 181. — [132] Das Bower-Barffsche Verfahren, Eisen vor Rost zu schützen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1883, S. 121. — [133] Thörner, Geteerte Rohre zu Wasserleitungszwecken. Stahl u. Eisen. Bd. 5 (1885), S. 285. — [134] Emploi des conduites en fonte goudronnées. Annales industr. Bd. 17 (1885), S. 432. — [135] Tarred cast iron water pipes. Iron Age. Bd. 37 (1886), Nr. 22. — [136] Zur Bildung von Rostknollen in gußeisernen Wasserleitungsröhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 259 (1886), S. 564. — [137] Weißmann, Ursachen der Korrosion ungeteerter eiserner Wasserleitungsröhren. Chemikerztg. 1889. S. 433. — [138] Corrosion of water pipes. Engineering. Bd. 50 (1890), S. 229. — [139] Weber, Über die Einwirkung der Bodenbeschaffenheit auf gußeiserne Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 552. — [140] Asphaltüberzug von Wasserleitungsröhren. Eng. News. Mai 1900, S. 331. — [141] Emaillierte Wasserleitung für Hartford. Eng. Rec. März 1900, S. 271. — [141a] Mitteilungen über ausgeführte gußeiserne Hochdruckleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 948. — [141b] Über graphitische Ausscheidungen bei gußeisernen Muffenröhren. Ebenda 1904, S. 232 u. 551. — [141c] Gußröhren im weichen Untergrunde in Rotterdam und Amsterdam. Ebenda. S. 965. — [141d] Zerstörung gußeis. Röhren im Lettenboden. Ebenda 1906, S. 508, 588 und 631.

Literatur
über Rohrnormalien; Geschichtliches dazu.

[142] Wertheim, Das Röhrennetz der Wiener Hochquellenleitung. Leipzig 1872. — [143] Blake, The thickness of cast iron water pipe under heavy pressure. Eng. News. Bd. 6 (1879), S. 258. — [144] Blecken, Die Normalien der gußeisernen Röhren und Formstücke. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1878, S. 323. — [145] Leonhardt, Die Einführung von Normalien für Wasserleitungsröhren in Amerika. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1888, S. 792. — [146] Normalien für gußeiserne Wasserleitungsröhren in Amerika. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1890, S. 461. — [147] Russische Normalien für gußeiserne Wasserleitungsröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1896, S. 654. — [148] Cast iron pipes in the United States. Engin. Juni 1901, S. 636 — [149] Standardisation of extra heavy flanges. Enging. Dez. 1901, S. 886. — [150] Standardisation of pipe flanges and flanged fittings. Enging. April 1902, S. 539. — [151] Standardisation of pipe flanges and flanged fittings. Proceed. Inst. Mech. Engin. 1902, S. 303.

Literatur
über gußeiserne Röhren (Übersicht); besondere Rohrsorten.

[152] Revue des systèmes de joints de tuyaux pour conduite d'eau, de gaz etc. Propagat. industrielle. 1870, S. 18; 1871, S. 323. — [153] Schneider, Der Kingsche Röhrentaster. Wochenschrift d. Ver. d. Ingen. 1878, S. 129. — [154] Conduits. Eng. News. Bd. 6 (1879), S. 48. — [155] Neuerungen an Röhrenverbindungen und Röhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 269 (1888), S. 357. — [156] Yardley, Specifications for cast iron coated water pipes. Gaslight. Bd. 53 (1890), S. 405. — [157] Röhren, Rohrleitungen und Rohrverbindungen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 287 (1894), S. 10. — [158] Steel and cast iron water mains. Eng. News. Jan. 1899, S. 39. — [159] Beachtenswerte Regeln bei Auswahl gußeiserner Wasserleitungsröhren und neuer Vorschlag zur Prüfung derselben. Eisenztg. Bd. 9 (1888), S. 160. — [160] Gußeiserne Röhren mit Stahldrahtumwicklung, System Jacquement. Revue industr. 1898, S. 88. — [161] Eine 1550 Millimeter weite gußeiserne Rohrleitung. Eng. Rec. Dez. 1898, S. 51. — [162] Blum, Panzerrohre, System Rogó. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 713. — [163] Über künstliche Krümmung gußeiserner Röhren kleiner Lichtweite. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 154. — [163 a] Bruch eines 800 mm-Wasserrohres in München. Ebenda 1907, S. 171.

b) I. Schmiedeiserne Röhren, genietet oder geschweißt. Röhren aus Schmiedeisen sind in der neueren Zeit mehr in Aufnahme gekommen, seit man die Vorzüge der Mannesmannröhren kennen gelernt und bei den schmiedeisernen (flußeisernen) Röhren in der Fabrikation so vorgeschritten ist, daß Rohrweiten von 150 Millimeter bis zu 3000 Millimeter und Rohrlängen bis zu 46 Meter in einem Stück hergestellt werden können. In Anbetracht der Tragweite einer Entschließung, ob gußeiserne oder schmiedeiserne Röhren für Wasserleitungszwecke verwendet werden sollen, wird im folgenden auf diesen Gegenstand des näheren eingegangen, wobei leider auf lange Erfahrungen nicht Bezug genommen werden kann, da alte Rohrleitungen aus Schmiedeisen nirgends existieren.

Was früher in Städten an schmiedeisernen gezogenen Röhren in Durchmessern von $^1/_2$ bis 4 Zoll engl. = ∾ 13 bis 100 Millimeter lichter Weite in die Erde gelegt wurde, ist zum größten Teil wieder verschwunden, teils vom Rost zerstört, teils infolge der durch Rost eingetretenen Defekte vorsichtshalber durch gußeiserne Rohre ersetzt worden. Nach bisherigen Erfahrungen haben die gezogenen schmiedeisernen Röhren nirgends länger als 20 bis 25 Jahre im normalen Boden ausgehalten.

Um nun den Fortschritten der Technik gerecht zu werden und die Einführung großer Lichtweiten von z. B. 800 Millimeter aufwärts in Schmiedeisen (oder „Flußeisen") eher zu befürworten, als ihnen entgegenzustehen, zumal die Herstellung gußeiserner Rohrstränge in diesen Lichtweiten auch nicht ohne Schwierigkeiten vor sich geht und über deren Verhalten im Betrieb nichts zu sagen ist, was ihre ausschließliche Verwendung gebieten würde, sei bemerkt: Da, wo äußere mechanische Einflüsse, Erschütterungen, Durchsenkungen u. dgl. zu befürchten sind, kann Gußeisen nicht in Frage kommen, da das Material diesen Einflüssen nicht genügend widersteht; ebenso hat man bei Dückerleitungen größeren Kalibers von jeher schmiedeiserne Röhren verwendet wegen des leichteren Transports. Die Entwicklung der schmiedeisernen großen

Rohre datiert aus den jüngsten Zeiten, seitdem die Wasserkräfte der Bergländer für die Elektrotechnik dienstbar gemacht wurden; die Montage der verhältnismäßig leichten und langen Rohre war bequem, an den steilen Berghängen konnten besonders gefährliche Stellen einfach durch das tragfähige Rohr überbrückt werden. Im Betriebe der von den Rohren gespeisten Turbinen haben sich gußeiserne Bögen oder Formstücke in der Nähe der Kraftzentralen überhaupt nicht halten können; sie sind bei den Reguliervorgängen, wobei plötzlich große Wassermengen im Laufe gehemmt wurden, wiederholt zu Bruch gegangen, so daß man zu Stahlguß seine Zuflucht nehmen mußte. Infolge der Nachfrage nach großen schmiedeisernen Leitungsröhren vervollkommnete sich begreiflicherweise die Fabrikation derselben, und seit Einführung der Schweißung mittels Wassergases ist man über die größte Schwierigkeit in der Herstellung hinweggekommen. Die früher übliche Nietung der übereinander gelegten gerollten Bleche oder die stumpf zusammengestoßenen und mit aufgelegten Laschen durch Nietung verbundenen Stöße sind teuer und es wird dem Material durch die Nietlöcher ein gutes Teil seiner Festigkeit genommen; in der Nietreihe ist die Rohrwand minderwertig, außerdem sind die vorstehenden Nietköpfe in ihrer großen Anzahl gewiß keine begehrenswerte Zugabe; sie vermehren einerseits die Reibung des in den Röhren fließenden Wassers und anderseits bieten sie zu Steinansatz (Inkrustationen) den ersten Anlaß. Dies alles ist bei den geschweißten Rohren nicht zu befürchten; die Festigkeit der Rohrwand wird nach den Versicherungen der Spezialfabriken in der Schweißnaht nur auf 90 Prozent der des massiven Bleches herabgemindert, bei den in doppelreihiger Längsnaht genieteten Blechen beträgt sie dagegen in der Nietnaht nur höchstens 70 Prozent, bei einfach genieteten 56 Prozent. Zudem bieten die langen schmiedeisernen Rohre hinsichtlich des Transportes große Erleichterungen; sie können wie Baumstämme über zwei Eisenbahnwaggons gelagert werden, wodurch sich die Frachtsätze ermäßigen. Ist langer Transport per Fuhre oder Schiff vorauszusehen, so werden die Lichtweiten nach amerikanischen Vorgängen derart abgestuft, daß zwei oder mehrere Rohre in ihrer ganzen Länge ineinandergeschoben werden, wodurch das Auf- und Abladen wesentlich vereinfacht und der Verstauungsraum vermindert wird [197e].

Im nachstehenden ist ein Gutachten von v. Hoyer in München über die Eigenschaften der geschweißten schmiedeisernen Röhren großer Durchmesser gegenüber Röhren aus Gußeisen für Wasserleitungen mitgeteilt, welches genannter Herr auf Grund der im folgenden ebenfalls wörtlich zum Abdruck gebrachten Broschüre „Das schmiedeiserne Wasserleitungsrohr" der A.G. „Ferrum" in Kattowitz zukommen ließ. Da letztgenannte Firma bis jetzt allein die Schweißung solch großer Röhren in der Fabrikation betreibt und sie nicht nur darin, sondern auch über das Verhalten der gelieferten Rohre fachmännisch orientiert ist, so werden die ungekürzten Worte des Direktors Janke, sowie obiges Gutachten zur Klärung der Frage, ob Schmiedeisen oder Gußeisen, wesentlich beitragen. v. Hoyer schreibt:

1. In Bezug auf die Festigkeit kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die Festigkeitseigenschaften des Schmiedeisens unter sonst gleichen Verhältnissen diejenigen des Gußeisens in jeder Beziehung derart überragen, daß das Schmiedeisenrohr für Wasserleitungen entschieden dem Gußeisenrohr vorgezogen werden muß, namentlich deshalb, weil bei etwaigen Stößen das Schmiedeisen viel weniger zu einem Bruch neigt als Gußeisen. Hierbei ist eine richtige Schweißung eine notwendige Voraussetzung, und bestätige ich aus diesem Grunde, daß dieselbe bei mir vorliegenden Proben des Wassergasröhrenschweißwerkes der Aktiengesellschaft „Ferrum" als vollkommen bezeichnet werden muß.

2. Die eigenartige Fabrikation der geschweißten Rohre gestattet nicht nur die Herstellung verhältnismäßig sehr langer Rohre, sondern diese gewähren auch durch eine nachträgliche Bildung von Muffen bezw. Schrauben sehr zuverlässige direkte Verbindungen und bei Anwendung von besonderen Verbindungsmitteln (Ringen) und Flanschen gar keine, bei Verbindungen mittels Niete eine viel geringere Schwächung durch die Löcherbohrungen als Gußeisenrohre. — Diese Eigentümlichkeiten bieten sowohl bezüglich der Montierung als der Zertrümmerung beim Verlegen ohne Frage ansehnliche Vorteile.

3. In Bezug auf die Gebrauchsdauer sind zwei Hauptmomente in Betracht zu ziehen: Das Verrosten an sich und der Schutz gegen Rostbildung.

Ohne hier auf die Vorgänge bei der Rostbildung näher einzugehen, muß ich bemerken,

daß mir vergleichende Versuche über das Rosten von Gußeisen und Schmiedeisen aus neuerer Zeit nicht bekannt sind. Die Behauptung, daß Schmiedeisen (immer unter gleichen Umständen) mehr rostet, ist zwar allgemein und zeigt sich auch in der Praxis insofern, als der Rost in Gußeisen nicht so tief eindringt als in Schmiedeisen. Erklärt wird diese Erscheinung in erster Linie durch den Kohlenstoffgehalt des Eisens, so daß der Kohlenstoff im Eisen als Rostschutz anzusehen wäre. Versuche über das genannte Verhalten stammen jedoch aus einer Zeit, wo die Fabrikation der Eisenbleche namentlich in Bezug auf deren Homogenität noch längst nicht den hohen Grad von Vollkommenheit besaß wie heute. Demnach können auch die Schlüsse nur bedingt gelten und neuere Versuche könnten sogar zu Gunsten der Bleche ausfallen, wie z. B. in der Darstellung der Versuche, die von der Gußstahlfabrik Krupp in Essen 1882 bis 1886 angestellt wurden, ausdrücklich darauf hingewiesen wird, daß man bei der Beurteilung der Verrostungsfrage die Fortschritte in der Blechfabrikation nicht außer acht lassen darf. Zieht man diese nun in Betracht, so ist vor allem die große Gleichmäßigkeit des Materials, namentlich aber die besondere Dichtigkeit der gewalzten Oberfläche insofern bemerkenswert, als damit ohne Frage die Rostbildung erschwert wird, weil die rostbildenden Agentien bei weitem nicht so leicht einzudringen vermögen, als bei den früher erzeugten tatsächlich der Fall war. Damit ist aber selbstverständlich auch die Dauerhaftigkeit des Materials in rostbildender Umgebung entsprechend erhöht, also den angenommenen Eigenschaften des Gußeisens näher gerückt. Hierbei sei noch bemerkt, daß auch in einem sehr beachtenswerten Aufsatz über Rostverhütungsmittel (in der Zeitschrift Stahl und Eisen 1898, S. 882) die Widerstandsfähigkeit glatter und ebener Flächen hervorgehoben wird, die beim gewalzten Schmiedeisen entschieden viel günstiger sind als beim Gußeisen.

Bezüglich des Rostschutzes bemerke ich folgendes: Die Wahrnehmung bezw. Anschauung, nach welcher Gußeisen eine natürliche Rostsicherheit in der sogenannten Brandkruste besitzt, kann ohne weiteres auf Blech bezogen werden, weil dasselbe ebenfalls von einer Schicht Eisenoxyd, sogenanntem Hammerschlag, überzogen ist, das ebenso fest anhaftet, als die Brandkruste am Gußeisen, dahingegen eine glättere Oberfläche darbietet. Als Rostschutzmittel kommt in beiden Fällen wohl nur ein teerartiger Überzug in Betracht, der in der Wärme angebracht wird. Daß dieser, oder überhaupt ein geeignet erscheinender Überzug das schmiedeiserne Rohr vor schneller Zerstörung durch Rost ebensowohl zu schützen vermag als ein gußeisernes Rohr, kann gar nicht bezweifelt werden, wenn der Überzug in beiden Fällen derselbe, z. B. gleich dick ist, da ein Unterschied im Haften nicht bestehen kann.

Selbst den durchaus nicht genügend nachgewiesenen Fall vorausgesetzt, daß die jetzigen Bleche, von Schutzmitteln entblößt, etwas schneller verrosten sollten als Gußeisen, sind meiner Ansicht die anderen technischen Eigenschaften der geschweißten Blechrohre derart günstiger, daß sie jedenfalls überall den Vorzug verdienen, wo eine Sicherstellung des Betriebes von Wichtigkeit und Gefahr durch Zertrümmerung der Leitung infolge äußerer mechanischer Einwirkungen Druck, Stoß, Senkung u. dgl. nicht vollkommen ausgeschlossen ist.

In der obengedachten Broschüre äußert sich sodann der Direktor der A.G. Ferrum, Janke, wie folgt:

Kurze Gegenüberstellung der Vorteile nahtlos geschweißter schmiedeiserner Rohre großen Durchmessers gegenüber Rohren aus Gußeisen für Wasserleitungszwecke aller Art.

Schmied- oder Flußeisenrohre.	Gußeisenrohre.
1. Zähes Material von mindestens 22 Prozent Dehnung, daher bruchsicher.	1. Hartes, sprödes Material ohne Dehnung, daher leicht brüchig.
2. Material von größerer absoluter Festigkeit, daher größere Widerstandsfähigkeit gegen Innendruck.	2. Material von geringer absoluter Festigkeit, daher gegen Innendruck wenig widerstandsfähig.
3. Größere Länge der Rohre, bis zu 46 Meter Einzellänge und bis zu 3 Meter Durchmesser, demnach	3. Länge der Einzelrohre nur 4, höchstens 5 Meter ausführbar, Durchmesser beschränkt.
4. Ersparnis an Flanschen- beziehungsweise Muffenverbindungen.	4. Größere Anzahl von Flanschen- beziehungsweise Muffenverbindungen.
5. Anwendung vollkommen zuverlässiger Flanschenverbindungen vielseitigster Konstruktionen.	5. Verbindung der Rohre nur auf eine feste und unelastische Flanschenverbindung beschränkt.
6. Rohrstränge werden mit steigendem Durchmesser billiger als Gußrohre.	6. Gußrohre mit steigendem Durchmesser teurer als geschweißte Rohre.
7. Weniger Flanschen- beziehungsweise Muffenverbindungen und geringeres Gewicht, daher Montage billiger.	7. Mehr Flanschen- beziehungsweise Muffenverbindungen, daher Montage teurer.

Schmied- oder Flußeisenrohre.	Gußeisenrohre.
8. Betriebsstörungen infolge Rohrbruchs fast ausgeschlossen, weil Material sehr zähe, daher auch keine Schädigungen an Häusern, Straßen etc. durch Überschwemmungen.	8. Häufige Betriebsstörungen infolge von Rohrbrüchen, weil Material spröde, daher vielfach Schädigungen an Häusern, Straßen etc. durch Überschwemmungen.
9. Betriebskosten geringer, da weniger Lekkagen und Rohrbrüche fast ausgeschlossen.	9. Betriebskosten größer, da Leckagen und Rohrbrüche häufiger.
10. Da weniger Leckagen und Rohrbrüche, so ist die Gefahr der Verunreinigung der Rohrleitung und des Trinkwassers nahezu ausgeschlossen.	10. Da mehr Leckagen und Rohrbrüche, so ist die Gefahr der Verunreinigung der Rohrleitung und des Trinkwassers viel größer.

Nähere Ausführung des Vergleiches schmiedeiserner Rohre mit gußeisernen Rohren.

Die vorstehend in gedrängter Kürze aufgeführten Gründe, welche uns geleitet haben, für nahtlos geschweißte schmiedeiserne Rohre gegen die gußeisernen Wasserleitungsrohre größeren Durchmessers das Wort zu erheben, mögen in nachstehenden Ausführungen eine auch Fachmännern willkommene Erläuterung finden:

Es ist keine Aussicht vorhanden, daß es jemals gelingen wird, durch irgend ein Verfahren den gußeisernen Rohren die Sprödigkeit des Materials zu nehmen, auf welche ihre geringe Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen zurückzuführen ist, die besonders dann leicht Rohrbrüche veranlassen, wenn die Rohrleitung unter Innen- oder Außendruck bei ungenügender Auflage oder Unterstützung gewisser Strecken steht. Diese Neigung der Gußrohre zu Brüchen infolge Sprödigkeit des Materials wird noch dadurch gesteigert, daß in allen solchen Rohren (von Gußfehlern, die sich äußerlich nicht entdecken lassen, ganz abgesehen) mehr oder minder starke Spannungen im Material selber bestehen, die sich nachträglich nicht konstatieren und nicht mehr beseitigen lassen.

Die mangelnde Bruchsicherheit ist ein tatsächlicher Übelstand der gußeisernen Wasserleitungsrohre, von dessen verhängnisvoller Tragweite der sich überzeugt hat, dem sich Gelegenheit bot, die keineswegs etwa sehr seltenen Überschwemmungen zu sehen, welche dem Bruch eines Hauptrohres der Wasserleitung in Großstädten folgten!*) Man sollte meinen, daß ein solcher Unfall allein schon Grund genug sei, den Ersatz der gußeisernen Rohre durch solche Rohre, die eine zuverlässigere Bruchsicherheit besitzen, als eine zwingende Notwendigkeit zu betrachten. Wenn man, statt diesen Weg einzuschlagen, den Gußrohren eine größere Wandstärke gab, so erreichte man damit wohl eine Abschwächung des Übelstandes, aber selbstverständlich niemals eine Beseitigung desselben. Dagegen hat man auf diese Weise den Preis der Gußrohre in die Höhe geschraubt und durch die Steigerung des Gewichtes die Montage der Rohrleitungen erschwert.

Man war sich in Fachkreisen im Grunde genommen darüber auch ganz einig, daß man Gußrohre überall dort nicht verwenden darf, wo ganz besondere Zuverlässigkeit für Dichtigkeit der Rohrstränge, wie z. B. bei Strombettdurchführungen (Dücker), Turbinen-Hochdruckwasserleitungen, Gestänge-Rohrleitungen in Bergwerken, Rohrleitungen für hochgespannten Wasserdampf, Wasser- oder Gasleitungen über schwankende Brücken etc. verlangt werden mußte. An solchen Stellen wurden schon immer schmiedeiserne und zwar früher genietete Rohre aus Kesselblech verwendet, die indessen im Wettbewerb mit den geschweißten schmiedeisernen Rohren neuerdings auch zurückstehen müssen, denn durch die Nietnaht verliert das Rohr 30 Prozent an innerer Druckfestigkeit, während geschweißte Rohre bei gleicher Zerreißfestigkeit des Blechmaterials höchstens 10 Prozent einbüßen, weil eine Rohrnietnaht — falls hierfür nicht eine sehr teure Kesselschmiedenietung verlangt wird — durchschnittlich nur mit 70, mit Wassergas maschinell geschweißte Nähte dagegen mit mindestens 90 Prozent der Festigkeit der verwendeten Bleche garantiert werden. Geschweißte Rohre gedachter Art können daher gegen inneren Druck bei gleicher Wandstärke 20 Prozent mehr leisten als genietete Rohre, oder bei gleicher Leistungsfähigkeit um 20 Prozent leichter und entsprechend billiger sein.

Die geschweißten Rohre haben vor den genieteten auch noch den Vorzug einer durchweg glatten Innenfläche. Man hat zwar zur Beseitigung des nicht unwesentlichen Reibungswiderstandes, den das durchfließende Wasser an den vorstehenden Nietköpfen findet, diese versenkt und damit eine glattere Innenfläche gewonnen, dadurch aber die dem Rost leichter zugänglichen Flächen vergrößert, denn es ist schwer erreichbar, bei den Nietlöchern ein Rostschutzmittel anzuwenden, bevor eine Rostbildung sich einleiten konnte. Nahtlose geschweißte Rohre sind von diesem Übelstande natürlich frei, und werden wir diese, gerade für Wasserleitungsrohre hochwichtige Frage des Rostschutzes im nachstehenden noch etwas näher behandeln.

Bei mindestens 22 Prozent Dehnung der verwendeten Bleche, aus denen geschweißte Rohre hergestellt sind, können die Rohrleitungen durch äußere Anlässe wohl verbogen, aber kaum zerbrochen werden. Diese, die Widerstandsfähigkeit begünstigende Eigenschaft gestattet für ge-

*) [163a].

schweißte Rohre großen Durchmessers ein wesentlich geringeres Gewicht, als das der Gußrohre gleichen Durchmessers, ein Vorteil, welcher der Montage zu gute kommt. Wir sind bereit, jedem Fachmanne, der sich dafür interessiert, auf diesbezügliche Anfragen bei uns durch die Vorlage amtlicher Prüfungsresultate mittels Wort, Zahl und Bild die ans Erstaunliche grenzende hohe Elastizität, Zuverlässigkeit und Biegefestigkeit geschweißter Rohre vor Augen zu führen.

Nicht unerwähnt darf es auch bleiben, daß diese Rohre nach dem Nahtschweißen und vor dem maschinellen Runden, Richten und Kalibrieren in besonderen großen Gasglühöfen ausgeglüht und dadurch alle in denselben etwa vorhandenen inneren Spannungen unbedingt beseitigt werden, welche die Sicherheit der erwähnten Biegungs- und Bruchfestigkeit beeinträchtigen könnten.

Wenn auch kurze Leitungskurven im einzelnen dazu zwingen mögen, in der Länge der geschweißten Rohre nicht über 4 bis 6 Meter hinauszugehen, so wird man beim Verlegen von Rohrleitungen auf großen geraden Strecken sich den Vorteil nicht entgehen lassen, den längere Rohre, sowohl durch Arbeitsersparnis beim Verlegen als durch verminderte Zahl der Rohrverbindungen bieten; denn die Verbindungsstellen werden in einer Rohrleitung immer relative Schwächen, mindestens kritische Stellen derselben bleiben. Berücksichtigt man ferner, daß die Rohrverbindungen, gleichviel ob sie dem Muffen- oder Flanschensystem angehören, die Montage der Leitung verteuern, so springt der den Gußrohren unerreichbare Vorteil der bis zu 46 Meter langen geschweißten Rohre recht überzeugend in die Augen, zumal diesen Rohren keine Grenze im Durchmesser gesetzt ist, der in der Praxis wohl kaum über 3 Meter hinausgehen dürfte (Fig. 56).



Fig. 56. Schmiedeisernes geschweißtes Rohr von 800 mm Durchmesser, 9 mm Wandstärke und 34 m Länge für eine Kanalisationsleitung. (In einem Stück niet- und nahtlos geschweißt.)

Überhaupt kann es, wenn man von allen Einzelheiten und Vorgängen einmal ganz absehen und die Sache nur generell betrachten will, keinem Techniker Zweifel darüber aufkommen lassen, daß schmiedeiserne Rohre infolge der hohen Zähigkeit und Schmiedbarkeit ihres Materials zu einem so hohen Grade von Sicherheit gegen Bruch und zu einer solchen Dichtigkeit der Verbindungskonstruktionen gebracht werden können, wie es gleichermaßen das spröde und nicht schmiedbare Gußeisen zu erlangen überhaupt nicht im stande ist, und *daß sonach die Betriebsführung eines Wasserwerkes, das mit schmiedeisernen Rohren ausgestattet ist, mit geringeren toten Verlusten (Leckagen) rechnen, also auch mit geringeren Betriebskosten arbeiten muß als ein anderes Wasserwerk, das mit nicht so sicheren, gußeisernen Rohrsträngen ausgerüstet ist.*

Hierbei dürfen wir auch den Umstand nicht außer acht lassen, daß jedem Bruch eines einzelnen gußeisernen Rohres naturgemäß eine Verunreinigung des Rohrstranges durch das umliegende Erdreich folgen muß, was zu umso verhängnisvolleren Folgen führen kann, wenn der betreffende Rohrstrang ein Trinkwasser-Zuleitungsstrang ist, denn es ist öfter vorgekommen und genügend bekannt, daß infolge der Undichtigkeit oder des Bruchs von Trinkwasser-Zuleitungsrohren schwere Typhus- und andere Epidemien in Städten entstanden sind. Dank des Standes der heutigen bakteriologischen Forschungen ist man allerwegen peinlich sorgfältig bemüht, entweder von weither naturreines, bakterienfreies, oder aber durch große Filteranlagen gereinigtes Trinkwasser den Städten zuzuführen. Diese hohen Kosten, welche durch die Schaffung solcher Wasserwerke entstanden sind, machen es aber konsequenterweise zur unerläßlichen Bedingung, daß das Trinkwasser von der Schöpf- oder Filterstelle nun auch ebenso rein zu den Gebrauchsstellen geleitet wird. *Die Frage der Verwendung* der viel bruchsichereren und in den Verbindungsstellen viel dichteren geschweißten *schmiedeisernen Trinkwasser-Zuleitungsrohrstränge* ist somit als keine rein finanzielle oder betriebstechnische, sondern auch, und zwar in erster Linie, *als eine von sanitären Motiven aus diktierte aufzufassen.* Muß man letzteres zugestehen, so spielt der Kostenaufwand für die Verwendung schmiedeiserner Trinkwasser-Zuleitungsrohre nur noch eine nebensächliche

Rolle, denn die früheren Trinkwasser-Senkbrunnen in den Höfen der Häuser waren auch für die Hausbesitzer oder Steuerzahler der Städte unvergleichlich billiger als die heutigen Wasserwerke. Außerdem werden wir aber im Verlauf der nachfolgenden Erörterungen sehen, daß sich schmiedeiserne Rohrstränge heute gar nicht einmal mehr teurer, sogar unter Umständen noch billiger in Neuanlage und Betrieb gestalten als gußeiserne.

Bei der vorhin gemachten Erwägung der Betriebskosten eines Wasserwerkes müssen die laufenden Unterhaltungskosten, letzten Endes auch die Dauerhaftigkeit von Guß- und Schmiedeisen in Betracht gezogen werden. Hier begegnet man sehr vielfach der Meinung, daß Schmiedeisen durch Rost schneller verzehrt wird als Gußeisen. Dem muß widersprochen werden! Jedes Eisen, gleichgültig wie es sich nennt: ob Gußeisen, Schmiedeisen, Siemens-Martin-Flußeisen, Thomasstahl, Gußstahl, Werkzeugstahl, Tempergußeisen, schmiedbarer Eisenguß etc., rostet, das heißt wird unter der Einwirkung atmosphärischen Sauerstoffes oder flüssiger Säuren zersetzt! Wir wissen ferner, daß die Schnelligkeit, mit der eine bestimmte Eisenmenge sich durch Rosten zersetzt, abhängt von seiner chemischen Zusammensetzung und seinem spezifischen Gewicht, der Dichtigkeit seines Gefüges. In welchem bestimmten Verhältnis aber die jedem Eisen üblichen Beimengungen an Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Silizium, Mangan zueinander quantitativ sich verhalten müssen, um dem Eisen die größte Widerstandsfähigkeit gegen Rosten, und zwar unbeschadet seiner sonstigen von ihm verlangten Eigenschaften, als: Festigkeit, Dehnung etc., zu sichern, wissen wir zur Stunde noch nicht. (cfr. Stahl und Eisen, Augustheft 1896. Verrostungsversuche, Fried. Krupp-Otto.) Das eine aber wissen wir genau, daß die Schnelligkeit des Verrostungs- oder Zersetzungsprozesses abnimmt mit der Zunahme der Dichtigkeit des Gefüges, denn es unterliegt keinem Zweifel, daß z. B. je 1 Kilogramm Eisen in gepulvertem Zustande oder in durchlöcherter, schwammartiger Form um ein Vielfaches schneller durch Rost zersetzt wird, als 1 Kilogramm Eisen in massiver Würfelform, weil in den beiden ersteren Fällen die den zersetzenden Säurewirkungen ausgesetzten Eisenoberflächen unvergleichlich viel größere sind, als in dem letztangeführten Falle. Wir wissen ferner, daß Gußeisen ein Gewicht von 7250, gewalztes oder geschmiedetes Flußeisen aber ein solches von 7850 Kilogramm pro Kubikmeter, sonach letzteres ein sehr viel dichteres Gefüge als ersteres besitzt, und es ist daher die Möglichkeit ausgeschlossen, daß 1 Kubikmeter des lockeren Gußeisens langsamer zersetzt sein kann, als 1 Kubikmeter des sehr viel dichteren Flußeisens, wenn die Oberfläche der Vergleichsstücke, sowie die Schärfe der zersetzenden Säure in beiden Fällen ganz gleich sind.

Diese wenigen Auseinandersetzungen mögen genügen, um unsere Anschauung zu unterstützen, daß die Gewähr für die Dauer der gewerblichen Verwendbarkeit aller Eisensorten ohne Ausnahme lediglich auf der Zuverlässigkeit der Mittel beruht, welche man zur Verhütung ihrer zu schnellen Verrostung oder chemischen Zersetzung anwendet, respektive anzuwenden in der Lage ist, indem man die eisernen Gegenstände entweder vergoldet, versilbert, vernickelt, verzinkt etc., oder aber durch häufiges Putzen und Einölen rostfrei hält, oder aber mit einem dauerhaften Antikorrosionsanstrich versieht.

Wenn sich also in dem einen Fall, unter sonst gleichen Umständen, ein Gußrohr im Wasserleitungsstrange länger gegen die zerfressende Wirkung des Rostens gehalten hat als ein schmiedeisernes, oder umgekehrt, so sind solche Erscheinungen noch keineswegs Beweise für die größere Haltbarkeit der ersteren oder letzteren Eisensorte gegen Rostwirkung, sondern lediglich dafür, daß das angewendete Antikorrosionsmittel nicht die von ihm erwartete Wirkung betätigt hat, denn, wenn der Rostschutzanstrich zuverlässig gewesen, so dürfte sich weder in dem einen noch in dem anderen Falle eine vorzeitige Rostbildung einleiten.

Wir sind in der Lage — und mit uns wohl noch viele Verwaltungen — nachzuweisen, daß sich auch schmiedeiserne Wasserleitungsrohre 25 Jahre lang ganz vorzüglich gehalten haben; dies soll aber im Sinne unserer Darlegungen dahin gedeutet werden, daß lediglich ihr Schutzanstrich derartig vorzüglich gewesen ist, daß die Einleitung einer Rostbildung des Schmiedeisens nach so langer Zeit noch gar nicht wahrgenommen werden konnte.

Solche günstige Konservierungsresultate, welche, ganz unparteiisch gesprochen, ebenso dem Gußeisen als auch dem Schmiedeisen zu gute kommen, konnten aber nur dadurch gezeitigt werden, daß Hand in Hand mit der in den letzten verflossenen Dezennien rapide vorgeschrittenen und noch immer mehr zunehmenden Verwendung aller Eisensorten (namentlich des Flußeisens) für gewerbliche Zwecke auch dem Bedürfnis nach zuverlässigen Rostschutzmitteln seitens einer Spezialindustrie und mittels der Chemie entsprochen wurde, was vordem die rein handwerksmäßige Fertigkeit des Anstreichers nicht zuwege gebracht hat.

Man ist heutigentags so weit gekommen, daß man mit Hilfe der Analyse des Grundwassers oder des zu leitenden Trinkwassers auch die chemische Zusammensetzung des für die betreffenden Fälle bestgeeigneten Rostschutzmittels zu bestimmen in der Lage ist.

Theorie und Praxis muß Hand in Hand gehen! So kommt es auch hier nicht allein auf das wisssenschaftliche Erkennen, sondern außerdem noch darauf an, daß das einmal theoretisch als zutreffend erkannte Rostschutzmittel mechanisch in richtiger Weise aufgetragen wird.

In dieser Beziehung empfiehlt es sich, bereits im Verlauf der Rohrfabrikation das erste Rostschutzmittel und zwar dann anzuwenden, sobald das aus dem Glühofen im hellroten Zustande gekommene Rohr unmittelbar nach seinem Richten resp. Kalibrieren auf der Walze eben so genügend abgekühlt ist (blauwarm), daß ein teerartiger Anstrich, ohne zu verbrennen, eine innige Adhäsion mit dem Eisen eingeht. Bis zu diesem Zeitpunkt können aber atmosphärische oder sonstige Einflüsse den Beginn einer Rostbildung noch nicht bewirken.

Darauf aber, nämlich den Zeitpunkt für einen ersten Rostschutzanstrich zu benutzen, in welchem überhaupt noch keine Rostbildung sich einleiten konnte, kommt es an, denn es ist eine alte Erfahrung, daß, wenn man diesen Zeitpunkt unbenutzt vorübergehen und das Rohr sich erst mit einer allgemeinen Rostschicht überziehen läßt, diese einmal vorhandene Oxydationsbildung auch bei scheinbar noch so vollkommener nachträglicher Entfernung derselben doch immer wieder partiell oder generell unter dem zu spät aufgetragenen Anstrich weiterwuchert, gleichgültig, ob derselbe an sich geeignet oder ungeeignet ist.

Nach diesem ersten Anstrich gehen die Rohre in den weiteren Fabrikationsgang, wie Anbringen der Flanschen, Muffen, zum Auf-Maß-drehen, Auf-Druck-probieren etc. und bekommen dann, wenn alles fertig ist, kurz vor dem Versande einen oder zwei nochmalige Anstriche oder ein warmes Farbetränkbad. Die Praxis hat die ausgezeichnete Wirksamkeit dieses Verfahrens bestätigt. In den Wasserleitungsanlagen größerer Städte — wir stehen mit Referenzen gern zur Verfügung — haben sich derartig hergestellte schmiedeiserne Rohre unter der Erde und im Wasser liegend ein Vierteljahrhundert lang so tadellos erhalten, als ob sie erst kürzlich verlegt worden seien; auch nicht Spuren einer Rostbildung sind an ihnen wahrzunehmen (Fig. 57).

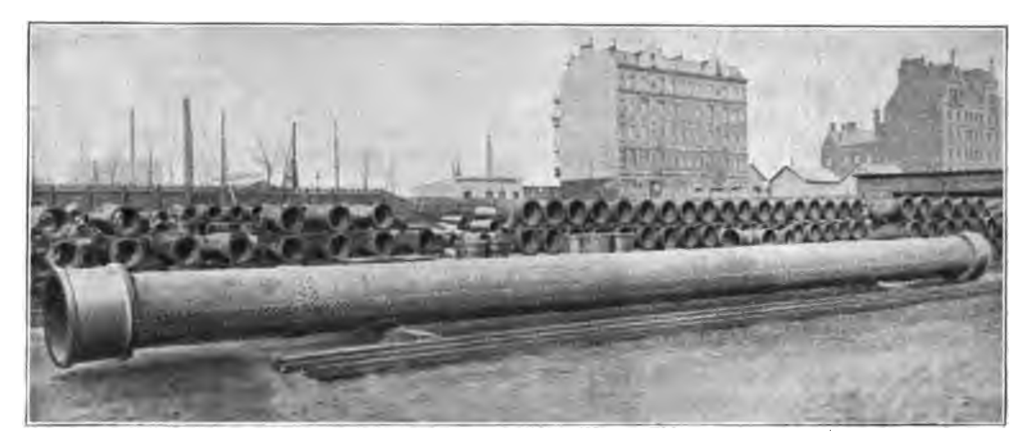


Fig. 57. Schmiedeisernes Rohr von 14 m Länge, 610 mm Lichtweite und 10 mm Wandstärke aus dem Druckrohrnetz der Stadtwasserkunst Hamburg ausgebaut Ende 1901. Seit 1878 im Betrieb, erwies es sich bei der Herausnahme unter dem Steinkohlenteeranstrich vorzüglich erhalten. (Längs- und Rundnähte mit doppelter Überlappung genietet.)

Bei diesen unseren grundsätzlichen Darlegungen über die Bedeutung der Rostschutzmittel sind die beiden weiteren Anschauungen, denen man hier und dort in der Praxis begegnet, nämlich: die Gußeisenrohre wären rostsicherer (infolge ihrer an der Oberfläche befindlichen sogenannten Brandkruste) und dauerhafter (weil sie der Rostwirkung eine dickere Wandstärke entgegenbringen als schmiedeeiserne Rohre), von untergeordneter Bedeutung.

Was die erstere Anschauung, das Vorhandensein einer rostschützenden Brandkruste beim Gußeisen, anbetrifft, so ist darauf entgegenzuhalten, daß auch die gewalzten Bleche, aus denen die schmiedeisernen Rohre geschweißt werden, eine solche Brandkruste (Hammerschlag) an ihrer Oberfläche besitzen, welche sich in Farbe ganz anders gestaltet (blau), als das unter ihr befindliche metallisch reine Eisen (hellgrau). Man hat in der Praxis die früher namentlich im Schiffbau sehr übliche Methode, die Bleche durch künstliche Säurewirkung von jener Kruste zu befreien und nur metallisch reine Blechoberflächen zur Verwendung zuzulassen, längst aufgegeben, weil man sich davon überzeugte, daß gerade diese Hammerschlagkruste die Einleitung einer Rostbildung verzögerte. Es steht also dem Vorteile einer rostschützenden Brandkruste des Gußeisens der

gleiche Vorteil der blauen Hammerschlagkruste des Walzeisens gegenüber, und bei allen sachgemäß gefertigten geschweißten schmiedeisernen Wasserleitungsrohren wird jene Hammerschlagkruste auch nicht entfernt, im Gegenteil, sogar künstlich erneuert, wo dies sich im Prozesse der Rohrfabrikation partiell als notwendig erweisen sollte.

Und stellen wir uns — um auf den zweiten Einwand zu kommen — den Fall vor, der rostschützende Anstrich sowohl wie auch die Brandkruste beziehungsweise die Hammerschlagkruste wären sämtlich schon zersetzt und die Oxydation tritt an die metallisch reinen Guß- beziehungsweise Schmiedeisen-Rohrwände heran, so steht, was die Dauer beider Zersetzungsprozesse anbetrifft, der an sich zwar dickeren, dafür aber weniger dichten Gußwand die wohl dünnere, dafür aber wesentlich dichtere Schmiedeisenwand gegenüber. Letzteres ist keineswegs bedeutungslos, denn Flußeisen ist 1,08mal so dicht als Gußeisen, und wer Gelegenheit gehabt hat, des öfteren zu sehen, um wieviel schneller schon unter der einfachen atmosphärischen Einwirkung sich bearbeitete (also metallisch reine) Gußeisenflächen mit Rost überziehen, als bearbeitete Schmiedeisenflächen, dem können über die Richtigkeit der vorstehend gemachten Darlegungen keinen Moment Zweifel erwachsen.

Hiermit dürften wohl auch die letzten Bedenken technischer Art, welche gegen die Verwendung schmiedeiserner Rohre zu großen Wasserrohrleitungen von beteiligten Kreisen erhoben wurden oder erhoben werden können, eine befriedigende Widerlegung gefunden haben.

Es möge aus unseren Darlegungen auch hervorleuchten, daß die Frage der Anfertigung und Verwendbarkeit großer schmiedeiserner nahtloser Rohre in der Konkurrenz gegen Gußrohre nicht etwa eine jetzt plötzlich auftauchende Neuerungs- oder gar Erfindungsidee ist, sondern eine zielbewußte, jahrzehntelange Entwicklungsarbeit, an der viele Fachmänner beteiligt gewesen sind, hinter sich hat, bis sie gegenwärtig auf Grund langer Erfahrungen zur Reife sich entwickelte und deshalb eine vertrauensvolle Aufnahme auch in allen denjenigen Fachkreisen verdient, welche an diesem Entwicklungsgange der Dinge sich zu beteiligen bisher geschäftlich oder dienstlich keine Gelegenheit hatten.

Es bliebe nun noch die wirtschaftliche Frage zu erörtern, denn so ziemlich alle technischen Fortschrittserfolge haben leider nur dann schnellen und durchschlagenden Handelserfolg zu erwarten, wenn sie vor dem Alten, an dessen Stelle sie treten wollen, resp. sollen, womöglich auch noch finanzielle Vorteile bieten. Auch diese Frage läßt sich zu Gunsten der nahtlos geschweißten schmiedeisernen Rohre großen Durchmessers beantworten.

Der Preis der schmiedeisernen Rohre und somit auch derjenige ganzer Rohrstränge hängt ab:

1. von der Länge der einzelnen Rohre,
2. von dem Durchmesser der einzelnen Rohre,
3. von der Wandstärke der einzelnen Rohre,
4. von der Art der Verbindungskonstruktion der Rohre,
5. von der Qualität des Blechmaterials,
6. von der Art des Rostschutzmittels.

Abgesehen von den zu 5. angeführten Kalkulationsfaktoren berechnet sich der Preis gußeiserner Rohre im großen und ganzen nach den nämlichen Grundsätzen, nur mit dem Unterschiede, daß für Gußrohre sich seit einer langen Reihe von Jahren in Bezug auf die Längen, Durchmesser, Wandstärken, sowie Verbindungskonstruktionen gewisse allgemein übliche Fabrikationsnormalien entwickelt haben, welche es auch gestatten, entweder pro Tonne oder pro laufenden Meter bestimmte Grundpreise normieren zu können.

Indessen sowohl die Fabrikation als auch die Massenverwendung schmiedeiserner geschweißter Rohre großen Durchmessers ist noch zu neu, als daß sich aus der Wechselwirkung der Leistungsfähigkeit der Rohrschweißwerke einerseits und den technischen Ansprüchen der Käufer anderseits bereits heute die nämlichen Handelsnormalien technischer und finanzieller Natur, wie sie für Gußrohre bestehen, schon entwickeln konnten. Dies für schmiedeiserne geschweißte Rohre großen Durchmessers ebenfalls zu erreichen, bleibt noch, eventuell unter gemeinsamer Beratung aller interessierter Rohrschweißwerke und größerer städtischer und staatlicher Behörden, Aufgabe der nächsten Jahre.

Zur Zeit muß von den Rohrschweißwerken jede Rohranfrage, nach Maßgabe der gestellten beziehungsweise zwischen Besteller und Lieferanten vereinbarten besonderen technischen Bedingungen, für sich individuell kalkuliert werden. Wenn wir aber das Fazit aus vielen und jahrelangen Kalkulationen ziehen wollen, so kann es in kurzen Worten dahin zusammengefaßt werden, daß

a) schmiedeiserne, geschweißte Wasserleitungsstränge von 500 Millimeter Durchmesser aufwärts billiger werden als gußeiserne, und

b) diese Preisdifferenz zu Gunsten der Verwendung schmiedeiserner Rohre stetig zunimmt mit der Zunahme der Durchmesser,

wenn man im Kostenvergleich mit gußeisernen Rohrsträngen in Rechnung zieht, daß man

c) infolge des geringeren Gewichtes der schmiedeisernen Rohre wesentlich an Fracht,

d) infolge der größeren Länge der Einzelrohre, das heißt der viel geringeren Anzahl von Verbindungsstellen bei schmiedeisernen Rohrsträngen wesentlich an Montagekosten

und dadurch abermals

e) nicht unbeträchtlich an Bauzeit

sparen kann.

Man sieht, daß, wenn diese Frage — Gußrohre contra schmiedeiserne Rohre oder umgekehrt — nach der heute an sich ganz klaren Sachlage vielen Ingenieuren bisher noch nicht Gelegenheit zur Stellungnahme bot, dies wohl weniger an dem Zweifel beteiligter Kreise über die technische Verwendungsfähigkeit und Überlegenheit des Schmiedeisens als daran liegt, daß die eigentliche, hier einschlägliche Wassergasrohr-Schweißtechnik selber sich erst in relativ jüngerer Zeit dazu entwickelt hat, glatte Rohre aus Schmied- oder Flußeisenblechen niet- und nahtlos bis zu 46 Meter Länge und von 0,200 bis 3 Meter Durchmesser herstellen zu können, und daß der industrielle Vorläufer dieser Erzeugnisse, nämlich das früher genietete, allenfalls mit Koke geschweißte Schmiedeisenrohr immer noch zu mancherlei berechtigten finanziellen und technischen Einwendungen Anlaß gab, welche nur durch die soeben beregte neue Rohrtechnik behoben werden konnten.

Herstellung nahtlos geschweißter schmiedeiserner Rohre. Den Anstoß zur Aufnahme und Entwicklung der Technik rationellen Blechschweißens gab die Erwägung, daß für alle rohrförmigen Hohlkörper, die man ihrer großen Durchmesser wegen nicht mehr im Wege des Walzens herstellen kann, sondern aus Blechen zusammennieten muß, eine Nietnaht (in Rohren) gemeinhin nur mit höchstens 70 Prozent im Handel hergestellt wird, eine gute Schweißnaht dagegen mit mindestens 90 Prozent der Festigkeit der verbundenen Bleche garantiert werden kann. Zu diesem Vorteil der höheren Festigkeit kommt noch der fernere hinzu, daß eine geschweißte Naht gegen inneren Druck unter allen Umständen undurchlässiger ist, als eine genietete, denn das Schweißen ist mit Weben, das Nieten dagegen nur mit Nähen zu vergleichen. Namentlich jene hohe Festigkeit geschweißter Blechnähte wurde durch die Anwendung des in den letzten Jahren sehr verbesserten Wassergases erreicht, dessen Flamme in hüttenmännischem Sinne: „vollkommen rein", das heißt frei von solchen dem Eisen schädlichen Stoffen (Schwefel etc.) ist, welche sich mit dem Eisen in der Schweißhitze verbinden und seine Güte herabsetzen.

Nachdem es mittels Entflammung eines Gasgemisches, welches in bestimmter Zusammensetzung aus Wassergas und atmosphärischer Luft besteht, wie mit Hilfe sinnreicher Einrichtungen, geschickter Handfertigkeit geübter Arbeiter u. s. w. gelang, Schweißnahtfestigkeiten von mindestens 90 Prozent unter allen Umständen, sowohl beim Schweißeisen als auch bei Siemens-Martin- und Thomasstahlblechen in Stärken bis zu 4 Millimeter herab sicher zu erreichen, ließen sich auch nahtlos geschweißte Rohre mit angebördelten oder aufgeschweißten Flanschen bis zu 46 Meter Länge und 3 Meter Durchmesser in tadelloser Güte ohne Nietnaht herstellen.

Die Wandstärke der Rohre ist zwar im allgemeinen nach dem Betriebsdruck der Rohrleitung zu bemessen; aber eingehende Versuche, die seitens städtischer Verwaltungen in sehr sorgfältiger Weise durchgeführt wurden, haben das Ergebnis geliefert, daß in Rücksicht auf die notwendige Stabilität, das heißt den Widerstand der Rohrleitungen gegen Erddruck oder sonstige äußere Einwirkung, es sich empfiehlt, für Rohre von 800 bis 1100 Millimeter Durchmesser eine Wandstärke von 9 bis 12 Millimeter auch dann zu wählen, wenn die Berechnung eine geringere Dicke zulassen würde. Bei Hochdruckleitungen ist selbstverständlich die durch Berechnung ermittelte Wandstärke allein maßgebend.

Es sei hier ausdrücklich bemerkt, daß es niemals beabsichtigt wurde, die Fabrikation geschweißter Rohre in einen Wettbewerb mit Fabriken eintreten zu lassen, die nahtlose Rohre aus Schmiedeisen nach irgend einem Walzverfahren herstellen, deren höchste Fabrikationsgrenzen aber entweder mit 300 Millimeter Durchmesser, oder, wenn darüber hinausgehend, mit zirka 3 Meter Länge begrenzt sind. Wenn wir auch in unserer Fabrikation bis zu Rohren von 150 Millimeter Weite hinuntergehen können, so entspricht doch die Herstellung der weiteren Rohre von 250 bis 300 Millimeter Durchmesser aufwärts bis zu 3 Meter Durchmesser und in Längen über 4 bis 46 Meter dem eigentlichen Grundgedanken der Fabrikation geschweißter Rohre. Beide

Industriezweige können also nebeneinander schaffen, ohne sich zu behindern. Unsere mit dem Hammer maschinell geschweißten Rohre bilden in Bezug auf den Durchmesser oder die Länge gewissermaßen die dimensionale Fortsetzung der mittels Walzverfahren geschweißten Rohre aufwärts, wobei selbstverständlich die völlig verschiedenen Arbeitsmethoden außer Betracht bleiben müssen. Wir verfügen über eine Reihe durchweg maschinell betriebener Hammerschweißstraßen, welche durch ihre Einrichtungen für die exakte Herstellung der langen



Fig. 58. Schmiedeisernes geschweißtes Rohr von 1000 mm Durchmesser, 13 mm Wandstärke und 24 m Länge auf der 32 m langen Drehbank.

Schweißnähte unserer Rohre Gewähr bieten. Die größte unserer Biege- und Kalibrierwalzen hat 6,2 Meter Arbeitslänge. Die aus ihr hervorgehenden kalibrierten Rohre werden auf außerordentlich langen Drehbänken an den Enden beschnitten und hierbei auf die verlangte Länge gebracht. Wenn mehr als 6 Meter lange Rohre aus ihnen hergestellt werden sollen, werden sie in Rundnahtschweißstraßen aneinander geschweißt (Fig. 58).

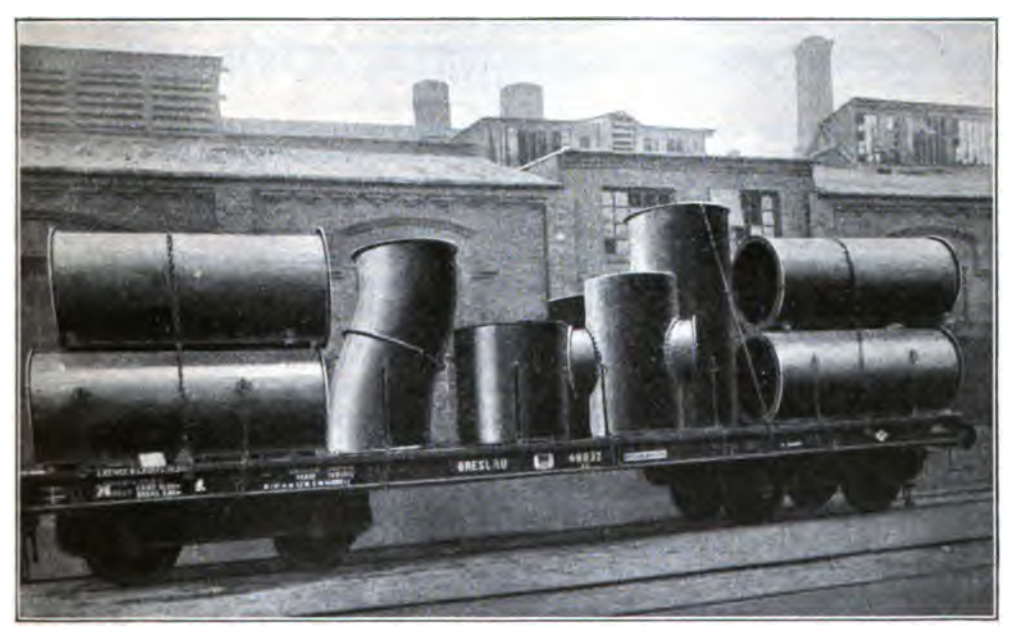


Fig. 59. Geschweißte Rohre und Fassonstücke von 1200 mm Durchmesser und 13 mm Wandstärke für eine Wasserleitung.

Je nachdem die Rohrleitung Flanschen- oder Muffenverbindung erhalten soll, werden auf besonderen Walzen die Flanschen oder Muffen hergestellt. (Die bei schmiedeisernen geschweißten Rohren zulässigen Rohrverbindungen siehe unter Fig. 159—199.)

Gelang es uns, in beharrlichem Fortschreiten auf dem eingeschlagenen Fabrikationswege durch erfolgreiches Überwinden mancher ernster Schwierigkeiten im Herstellen nahtlos geschweißter

zylindrischer Rohre eine große Leistungsfähigkeit zu erreichen, so haben wir auch Mittel und Wege gefunden, Rohre und Hohlkörper in beliebig gleichbleibender oder wechselnder Konizität herzustellen. Soweit menschliches Wissen und Denken vorauszusehen vermag, wird es niemals gelingen, auch solche Rohrstücke mit gleichbleibender oder wechselnder Konizität im Walzverfahren zu erzeugen, wie wir sie mit unserem Hammerschweißverfahren herzustellen vermögen (Fig. 59 u. 60).

Die Anpassungsfähigkeit des modernen Wassergas-Schweißverfahrens hat es ermöglicht, aus jenen Schweißstraßen auch Hohlkörper verschiedenster Formen, die man vor kurzem nur mittels Kesselschmiedearbeit durch Vernieten der Bleche zusammenzubauen im stande war, hervorgehen zu lassen, sie berechtigt uns auch zu der Hoffnung, daß es uns gelingen wird, in der Weiterentwicklung unserer Fabrikation deren Arbeitsgebiet immer mehr zu erweitern. Wir behalten uns vor, diesem großen Gebiete niet- und nahtlos geschweißter Hohlkörper gelegentlich besondere Darlegungen zu widmen und können daher unsere vorliegenden Betrachtungen schließen, da hier nur spezifisch über die Verwendbarkeit geschweißter Wasserleitungsrohre zu sprechen beabsichtigt war*).



Fig. 60. Schmiedeiserne geschweißte Rohre und Fassonstücke von 500 mm Durchmesser und 6 mm Wandstärke, in Einzellängen bis zu 11 m mit Flanschenverbindung System Janke (vgl. Fig. 188) für eine Heberleitung.

Ausgeführte schmiedeiserne Rohrleitungen der Neuzeit. Eine moderne schmiedeiserne Rohrleitung, die allerdings nicht Wasserversorgungszwecken dient, in ihrem Bau sich aber in nichts von einer Wasserleitung unterscheidet, ist besprochen in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure vom 17. Juni 1905, S. 989 f. Die Leitung hat Betriebswasser auf die Turbinen der Sillwerke bei Innsbruck zu führen. Das von Ingenieur Riehl in Innsbruck projektierte Elektrizitätswerk wird 7000 Sekundenliter der Sill, einem Nebenfluß des Inn, bei 187,25 Meter Gesamtgefälle entnehmen und in 6 Turbinen verwerten, wozu aus Gründen der Betriebssicherheit und wegen der an einer 33 Grad steilen Halde erfolgten Verlegung zwei Leitungen von je 1250 Millimeter Lichtweite zur Ausführung kommen. Eine einzige Leitung hätte 1800 Millimeter lichten Durchmesser erfordert. Vorerst ist ein Strang von 327,4 Meter Länge für 3 Turbinen zur Verlegung gelangt. Die zu transportierende Wassermenge ist je nach der Betriebsart:

1285 Sekundenliter bei 1,05 Meter Geschwindigkeit und 0,70 Meter Widerstandshöhe
bis 3855 „ „ 3,14 „ „ „ 3,60 „ „

Wegen der Kreuzung mit der über den Brenner führenden Reichsstraße mußte ein Teil der Rohrleitung in der unteren Hälfte der Strecke in einem rund 93 Meter langen Tunnel verlegt werden. Die einzelnen Rohre sind 6 Meter lang und mit gewöhnlichen schmiedeisernen aufgenieteten Winkeleisenflanschen versehen, die für den zwischengepreßten Kautschukring etwas schwalbenschwanzförmig ausgedreht sind, so daß der Ring, der beim Zusammenschrauben der Flanschen aus einem kreisförmigen Querschnitt in einen beinahe flachen übergehen muß, nicht in das Innere der Rohrlichtweite hervortritt; nach innen legt er sich hierbei an den beim Abdrehen der Flanschenringe stehengebliebenen Ansatz, nach außen an die zahlreichen Schrauben an. Der Zwischenraum zwischen den Flanschen außerhalb des Dichtungsringes ist mit Zement dicht vergossen, was einen dreifachen Zweck erfüllt und bemerkenswert ist: einmal verhindert die dichte Verbindung des Zementes an den gedrehten rauhen Flanschenringflächen das Rinnen der Verbindung,

*) Vorstehende Auslassungen des Herrn Janke von S. 56 ab sind auf Wunsch unseres Mitarbeiters Fischer hier aufgenommen worden.

wenn aus irgend einem Grunde der Kautschukring schadhaft geworden sein sollte; zweitens bietet er den aufgenieteten Winkeleisenringen gegenseitige Stützflächen dar, die eine Beanspruchung auf Biegung ausschließt, und drittens wird die zusammengeschraubte Rohrleitung infolge des erhärtenden Zementes ein starres Ganzes, so daß etwaige Dilatationserscheinungen, Strecken und Wiederverkürzen des Stranges infolge Temperaturänderungen, nicht von den einzelnen Gummidichtungsringen, sondern einzig von den Endstützpunkten und der Kompensationsvorrichtung aufgenommen werden.

Die Rohre sind aus Flußeisenblech von 3600 bis 4200 Kilogramm-Quadratzentimeter Zugfestigkeit (Bruchbelastung) und 20 Prozent Dehnung (20 Millimeter Dehnung auf 100 Millimeter Länge des vor dem Zerreißen gemessenen Blechstreifens*).

Die Blechstärke wächst stufenweise von 8 Millimeter auf 21 Millimeter; sie ist für die verschiedenen Drücke (von 0 bis rund 20 Atmosphären in der Richtung des bergab fließenden Wassers) auf Grund einer Beanspruchung von rund 800 Kilogramm-Quadratzentimeter („$k_z = 800$") ermittelt, wobei für Abnutzung durch etwa mitgeführten feinen Sand der Sill trotz der am Einlauf angeordneten dreifachen Sandfänge**) noch 1 bis 1 1/2 Millimeter zugegeben sind.

Oberste	Folgende Baulängen												Unterste	
100	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	11,4	m
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	mm Blechstärken.

Je nach der Druckhöhe weisen die Längsnähte 1- bis 3fache, die Rundnähte 1- bis 2fache Überlappungsnietung auf (geschweißte Röhren wären um rund 4 Millimeter schwächer und wegen der Überlappungen wesentlich leichter ausgefallen). Die Rohre liegen auf glatten Betonsockeln von 6 bis 15 Meter Entfernung voneinander, je nach dem vorgefundenen Untergrund. Das Rohr Nr. 29, von oben an gezählt, am oberen Tunnelende und der Krümmer am unteren Ende der geneigten Strecke sind aus besonders starken Blechen (NB. kein Gußeisen) hergestellt, mit Winkeleisenringen armiert und in mächtigen Betonblöcken verankert; sie bilden die beiden einzigen festen Punkte der Leitung. Der Krümmer hält den ganzen unteren Rohrstrang bis an das obere Tunnelende, wo eine Ausdehnungsvorrichtung, bestehend in Stopfbüchse mit Hanfdichtung, eine Bewegung nach oben gestattet. Das in der Kopfmauer des Tunnels einbetonierte Rohr Nr. 29 nimmt den Schub des oberen Stranges auf, dessen Längenänderungen durch die am obersten Rohr Nr. 1 angebrachte Ausdehnungsvorrichtung kompensiert werden. An der tiefsten Stelle der Leitung befindet sich ein 250 Millimeter weiter Entleerungsschieber. Die Verlegung der Leitung geschah mit Hilfe von Wagen, Gleisen und Winden durch Hinaufziehen der Rohre an der Berglehne, wo sie vorläufig seitlich des Rohrgrabens niedergelegt wurden. Im Tunnel mußten wegen seines geringen Querschnittes die einzelnen Rohre vom oberen Ende aus hinabgelassen werden. Der Zusammenbau ging von dem genau verlegten unteren Krümmer aus nach aufwärts vor sich.

Die Druckprobe erfolgte vertragsgemäß in den ausführenden Werkstätten der Prager Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals Ruston & Co., indem 3 bis 5 zusammengeschraubte 18 bis 30 Meter lange Rohre dem 1 1/2fachen des größten örtlich auftretenden Wasserdruckes ausgesetzt wurden. Nach der Dichtigkeitsprobe an Ort und Stelle, wobei die Flanschen und Nähte der mit Wasser gefüllten Leitung keine Spur von Undichtigkeit erkennen ließen, wurde die ganze Leitung angestrichen und zugeschüttet. Die Rohrdeckung beträgt 1,5 bis stellenweise 4 Meter. Einzelne längs der Rohrstrecke angeordnete Einsteigschächte gestatten, jederzeit zu prüfen, ob die Leitung dicht ist. Ein in Beton ausgeführter Kaskadenleerlauf leitet den Wasserüberschuß vom Oberwasserschloß in den Untergraben; dieser Leerlauf ist mit einem Holzdach überdeckt, da der Wasserstaub sonst im Winter gefrieren würde.

b) 2. Gezogene schmiedeiserne Röhren. Für Hausinstallationen und für kleinere Lichtweiten von Röhren, die nicht in die Erde gelegt werden, bleiben die handelsüblichen gezogenen schmiedeisernen Röhren weitaus die am meisten angewendeten. Sie bieten wegen ihres geringen Anschaffungspreises, der Leichtigkeit ihrer Montage mittels der im Handel zahlreich eingeführten Verbindungs-, Übergangs- und Abzweigstücke (s. u. bei Fittings), der Nachgiebigkeit bei Längenänderungen, der leichten Befestigungsweise mittels Rohrschellen an Stein oder Holz, kaum zu übertreffende Vorteile gegenüber gußeisernen Röhren. — Dem einzigen Übelstand, der den gezogenen schmiedeisernen Röhren anhaftet, dem Verrosten von innen und außen, ist man durch das sogenannte „Galvanisieren" entgegengetreten.

*) Nach den gesetzlich geltenden „Hamburger Normen" für Dampfkesselbleche entspricht diese Qualität den Mantelblechen I, welche bei 36—42 kg/qmm Zerreißfestigkeit 22 Prozent Dehnung haben sollen.

**) Vgl. Revolverfilter der Sillwerke, Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 757.

Dieses überaus wichtige Rostschutzmittel besteht nun allerdings nicht darin, daß etwa auf galvanischem Wege irgend eine Veränderung mit dem „schwarzen“ Rohre, das entweder stumpf oder übereinandergeschweißt aus dem Zieheisen in glühendem Zustande hervorgeht, vorgenommen wird, sondern der Name „galvanisiertes schmiedeisernes Rohr“ soll nur ausdrücken, daß das Rostschutzmittel „Zink“ in so innige Verbindung mit dem metallischen Eisen gebracht ist, als wäre es aus einer Zinklösung mittels galvanischer Zersetzung auf die Wandungen niedergeschlagen, bezw. ausgefällt worden, womit eben die Güte und Dauerhaftigkeit der Verzinkung hervorgehoben werden will [209 a].

Die Verzinkung der gezogenen Rohre geschieht nach vorherigem Beizen derselben in verdünnter Salz- und Salpetersäure, behufs Gewinnung reiner Oberflächen, durch kurzes Eintauchen in eine salzsaure Zinklösung (Zinkchlorid), wobei ein Austausch der Metalle stattfindet: Eisen wird gelöst und Zink lagert sich an dessen Stelle; hierauf erfolgt Trocknen des aus dem Bade genommenen, fein mit Zink überzogenen Rohres und in heißem Zustande mittels Zangen das Verbringen in geschmolzenes Zink. Nachdem das Rohr die Temperatur des Zinkbades angenommen hat, hebt man es heraus und läßt alles überflüssige Zink abtropfen. Hiermit ist das „Galvanisieren“ beendet. Obwohl nach dem Vorstehenden der Zinküberzug fest an dem Eisenrohr haftet, so ist dieses dadurch doch nicht gegen alles gefeit; namentlich dann nicht, wenn etwa das Zink nicht in zusammenhängender Oberfläche das Eisen deckt, da dann die freien Eisenstellen ungeschützt sind und bei nasser Umgebung sofort ein galvanisches Element entsteht: Zink-Wasser-Eisen, das auf die rasche Zerstörung beider Metalle hinarbeitet. Hieraus ergibt sich auch, daß verzinkte Rohre, *in den Boden verlegt*, nur so lange vor Verrostung gesichert bleiben, als der Zinküberzug nirgends äußerlich verletzt ist. Dies ist jedoch bei der Hantierung mit den Röhren, beim Zusammenschrauben mittels der rauhen Rohrzangen, durch das Einschneiden der Gewinde für die Muffenverbindungen und sonstige Eingriffe fast ausgeschlossen. Soll trotzdem ausnahmsweise ein schmiedeisernes Rohr in den Boden verlegt werden, so gebe man demselben eine um mehrere Millimeter vermehrte Wandstärke und betrachte den Zinküberzug nur als schützende Decke, die möglichst vor äußeren Verletzungen zu bewahren ist.

Das Verzinken hat nicht nur den Vorteil, das Rohr selbst vor innerem Angriff des Wassers wie vor äußeren Abrostungen zu schützen, sondern es verleiht den Wasserleitungen, die durch große Räume, über Korridore, in Kellern u. dgl. geführt werden müssen, die wichtige Eigenschaft, das sogenannte „Schwitzwasser“, welches sich infolge des Temperaturunterschiedes zwischen dem Leitungswasser im Rohr und dem umgebenden Raume außen am Rohr durch Niederschlagen der in dem Raume herrschenden Luftfeuchtigkeit kundgibt und besonders stark im Winter in geheizten Räumen stattfindet, ungefärbt abtropfen zu lassen. Eine Färbung dieses „Schwitzwassers“ durch Rost, wie sie bei den sogenannten schwarzen schmiedeisernen Röhren vorkommt, führt zu großen Unzuträglichkeiten.

Aus diesem Grunde sind hauptsächlich die „galvanisierten“ Röhren bei Hauswasserleitungen trotz ihres Mehrpreises (von 5 bis 20 Prozent je nach Lichtweite) gegenüber den sogenannten „schwarzen“ *Gasröhren* in Verwendung. Ein Ölfarbanstrich der schwarzen Röhren verbürgt ein rostfreies „Schwitzwasser“ bei Wasserleitungen nicht; der Umstand, daß der Anstrich des öfteren erneuert werden muß, spricht deutlich genug gegen seine und etwaige Anwendung von „schwarzen“ schmiedeisernen Röhren für Wasser. Trotzdem geben wir auf S. 67 eine Gewichtstabelle der handelsüblichen „Gasröhren“ (schwarzen, gezogenen schmiedeisernen Röhren).

Die Preise sind großen Schwankungen unterworfen und nur des Vergleichs wegen seien einige der Preise angegeben, wie sie bei der Düsseldorfer Röhrenindustrie in Düsseldorf-Oberbilk für normalwandige und starkwandige, zur Zeit (1902), ohne jede Verbindlichkeit, gelten:

	Schwarze „Gasröhren“	1	1¼	1½	1¾	2	2¼	2½	2¾	3	3½	4	engl. Zoll
	Lichtweite:	25	32	38	44	51	57	63	70	76	89	102	mm
mit ca. 70% Rabatt	Norm. Wandung m. Muffen u. Gewinde	2,40	3,35	4,20	5,05	5,90	8,70	10,95	13,45	15,15	18,50	23,55	M. p. m
Nettopreise ohne Muffen und Gewinde	dicker um 1 mm	—	5,26	6,00	6,69	7,34	7,48	8,92	9,64	10,92	12,59	15,23	„ „ „
	„ „ 2 „	—	6,34	7,24	8,08	8,94	9,23	10,89	11,80	13,31	15,38	18,39	„ „ „
	„ „ 3 „	—	7,52	8,18	9,04	10,07	10,47	12,24	13,29	16,91	19,59	23,33	„ „ „
	„ „ 5 „	—	10,09	10,93	11,50	14,98	14,42	18,32	20,00	22,44	26,13	31,36	„ „ „
	„ „ 8 „	—	—	—	—	19,86	21,50	24,81	27,21	30,51	35,75	42,94	„ „ „

Die Rabattsätze auf die normalen Rohre werden je nach der Konjunktur geändert. Die Grundpreise bleiben wie oben stets eine Reihe von Jahren in Gültigkeit. Die Fabrikationslängen sind 5 Meter.

Preise für verzinkte schmiedeiserne Röhren s. u. Tabelle für Fittings Pos. 37.

Gewichtstabelle der schmiedeisernen Röhren ($\gamma = 7700$ Kilogramm).

Nominelle Lichtweite		Äußerer Durchmesser (feststehend)	Erforderliche Minimalwandstärke für $k_z = 600$, in Millimeter		Handelsübliche Wandstärken in Millimeter	Hieraus berechnete Gewichte in Kilogramm pro m	Bemerkungen
Zoll englisch	Millimeter	Millimeter	$p = 20$	$p = 50$			
1/8	3,2	10	0,14	0,36	2,0	0,39	Gewichte und Wandstärken sind bei den einzelnen Fabriken verschieden, wesentlich jedoch nur bei den größeren Lichtweiten (von 3 Zoll englisch aufwärts).
1/4	6,4	13	0,18	0,46	2,3	0,60	
3/8	9,5	16,5	0,23	0,59	2,6	0,90	
1/2	12,7	20,5	0,29	0,73	2,9	1,23	
3/4	19,1	26,5	0,38	0,94	3,2	1,78	
1	25,4	33	0,47	1,17	3,5	2,50	
1 1/4	31,8	42	0,60	1,49	3,8	3,55	
1 1/2	38,1	48	0,68	1,71	4,1	4,35	
1 3/4	44,5	52	0,74	1,85	4,3	4,96	
2	50,8	60	0,85	2,13	4,5	6,05	
2 1/4	57,2	70	0,99	2,49	4,6	7,26	
2 1/2	63,5	76,5	1,07	2,72	4,7	8,16	
2 3/4	69,9	81,5	1,16	2,90	4,8	8,90	
3	76,2	89	1,26	3,16	4,9	10,00	
3 1/2	89	101,5	1,44	3,61	5,0	11,50	
4	102	114	1,62	4,05	5,0	13,00	

Ist D_a der äußere Durchmesser, so ermittelt sich δ zu:

$$\delta = 0{,}5 \,.\, D_a \left(1 - \sqrt{\frac{k_z - 1{,}3\,.\,p}{k_z + 0{,}4\,.\,p}}\right) = 0{,}5 \,.\, D_a \left(1 - \sqrt{\frac{600 - 1{,}3\,.\,p}{600 + 0{,}4\,.\,p}}\right)$$

und das Gewicht pro Längenmeter:

$$G = \gamma\, \pi\, (D_a\, \delta - \delta^2) = 7700 \,.\, \pi\, (D_a\, \delta - \delta^2).$$

c) Mannesmann- und andere Stahlröhren. Bei dem Mannesmannverfahren [172], [174], [175], [185], [187] wird ein zylindrisches Rohr aus einem massiven Block auf dem Wege des Walzens erzeugt. Zwei schräg zueinander stehende Walzen *a*, *b* (Fig. 61), zwischen welche der zylindrische Block eingeführt wird, drehen sich im gleichen Sinne und bewirken eine schraubenartige Vorwärtsbewegung des Werkstückes in Richtung der Pfeile. Der Block befindet sich in Rotgluthitze, also in plastischem Zustande. Hält man nun der Vorwärtsbewegung einen Dorn *d* entgegen, so wird das Material am Umfange des Werkstückes durch die Walzen vorwärts gezogen und aus dem massiven Block ein Hohlzylinder hergestellt. Hierbei vollzieht sich aber gleichzeitig die in Fig. 62 dargestellte Umwandlung der Lagerung des Materiales: es ergibt sich gleichsam ein Gewebe von übereinander gewirkten Spiralfasern. Diese Umlagerung des Materiales ist es ganz besonders, welche den nach dem Mannesmannverfahren ausgewalzten Röhren eine bedeutend erhöhte Widerstandsfähigkeit in der Querrichtung und vorzugsweise gegen inneren Druck verleiht. Die aus dem eben geschilderten ersten Rohbildungsprozeß durch das sogenannte Blocken erzeugten dickwandigen Rohre werden sodann durch

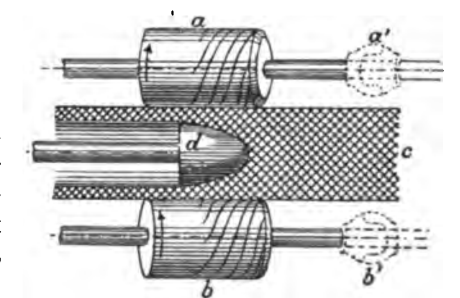


Fig. 61. Mannesmannverfahren zum Walzen von Stahlröhren [187].

weitere Arbeitsprozesse, bei welchen zylindrische, tonnen- und scheibenförmige Walzen zur Anwendung gelangen, zu Röhren von geringerer Wandstärke umgewandelt. Die Details des Verfahrens werden geheimgehalten. Unseres Wissens ist es in erster Linie eine vorzügliche Schulung der Arbeiter, welche eine nahezu vollkommen gleichmäßige Wandstärke (Abweichungen bis 0,1 Millimeter) erreichen läßt; von hervorragender Bedeutung ist die Möglichkeit, bei dem Arbeitsprozeß jede beliebige absichtlich angeordnete Ungleichheit der Wandstärke eines Rohres genau nach Vorschrift herzustellen.

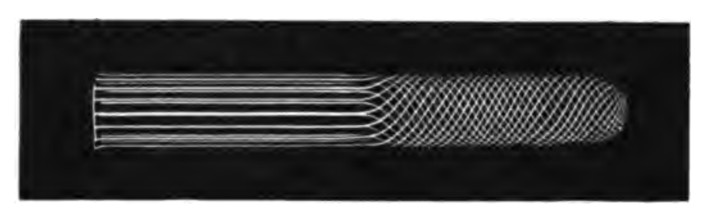


Fig. 62. Umlagerung der Materialfasern nach dem Walzen der Mannesmannröhren [187].

Die Mannesmann-Röhrenwerke können jedes homogene Rohmaterial verwenden, vom weichsten Flußeisen bis zu den härtesten Gußstahlsorten, und erzielen infolgedessen Festigkeiten, wie sie z. B. bei geschweißten Rohren nicht erreichbar sind. Zum Vergleiche geben wir in der unten folgenden Tabelle die Resultate von Zugfestigkeitsbestimmungen der Königlich mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg, die durch inneren Druck bewerkstelligt worden sind, und geschweißte sowie Mannesmannrohre umfassen.

Röhrenart	Äußerer Durchmesser D_a Millimeter	Wandstärke δ Millimeter	Lichtweite D Millimeter	Innerer Druck p im Rohr beim Bruch Atm.	Hieraus abgeleitete Zugfestigkeit per qcm K_z
Geschweißte Kesselrohre	90	4	82	250	2900
	82	3	76	225	2700
	66,5	4,5	57,5	367	3600
Mannesmann-Kesselrohre	100,8	3,3	94,2	425	6070
	98,9	4,5	89,9	570	5120
Mannesmann-Kesselrohre aus mittelhartem Siemens-Martinstahl	81,9	4,1	73,7	550	4940
	66,4	5,0	56,4	805	4540
Mannesmann-Kesselrohre aus weichem Siemens-Martinstahl	55,7	2,9	49,9	565	4860
	95	4,2	86,6	475	4900
Mannesmann-Hochdruckrohre (mittelhart)	126	6,0	114	562	5890
	126	5,6	114,8	536	6020
	126	6,0	114	483	5070
	267	4,4	258,2	212	6430
	261	4,9	251,2	220	5900
	151	4,1	142,8	283	5210
Blanke Mannesmannrohre (Werkzeugstahl)	25	0,85	23,3	509	6980
	25,8	1,0	23,8	562	6690
	25,8	1,0	23,8	632	7520
	17,5	0,7	16,1	880	9240

Selbstverständlich eignet sich das Mannesmannverfahren in gleicher Weise für die Herstellung von Röhren aus Kupfer, Bronze, Messing und überhaupt allen Metalllegierungen.

Die Mannesmann-Stahlröhren empfehlen sich besonders für Leitungen mit hohem Druck und in allen jenen Fällen, in welchen Bodenbewegungen vorkommen. Wie aus der Tabelle auf S. 70 hervorgeht, können sie Betriebspressungen von 50 bis 1000 Atmosphären Widerstand leisten. Speziell Mannesmann-Muffenröhren können in den Dimensionen bis zu 200 Millimeter Betriebspressungen im fertigen Strang von 50 bis 150 Atmo-

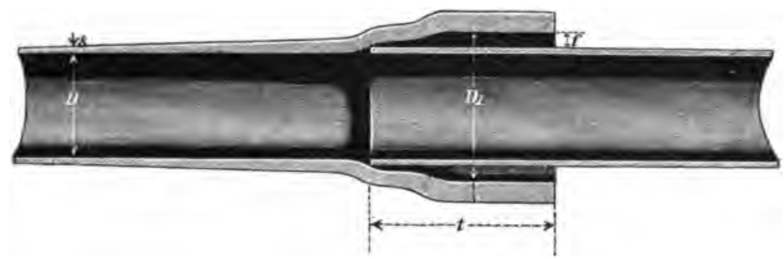


Fig. 63. Mannesmann-Muffenstahlrohre.

sphären ertragen, was unter Umständen sehr wertvoll ist. Sie halten auch, wie durch mehrfache Erfahrung erprobt ist, bei eintretenden Bodensenkungen viel leichter dicht als gußeiserne Röhren, die bei allen belangreichen Bodenbewegungen notleiden.

Selbstverständlich sind auch bei diesen Rohrleitungen die Muffenverbindungen den Flanschverbindungen vorzuziehen. Zum Schutz gegen Rost werden die Röhren in ein Bad von heißem Asphaltlack gebracht und dann außen mit teerdurchtränkter Jute umwickelt. Bis jetzt hat sich an einer ganzen Reihe von Ausführungen dieser Rostschutz vollständig bewährt.

Nachstehend geben wir einige Tabellen der Mannesmann-Röhrenwerke wieder:

Mannesmann-Muffenstahlrohre (Fig. 63).

Lichtweite des Rohres D mm	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250
Wandstärke des Rohres δ mm	3	3	3	3¼	3½	4	4	4	4½	5	5½	6½	7
Innendurchmesser der Muffe D^1 . . . . . mm	60	71	81	91,5	102	113	123	149	176	202	226	251	277
Stärke der Dichtungsfuge f mm	7	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	8	8	8,5
Muffentiefe t . . . . mm	87	91	94	97	99	102	105	109	112	115	117	120	123
Gewicht einschl. Juteumhüllung pr. m kg ca.	3,85	4,9	5,5	6,5	8,60	10,5	11,6	14,00	19,00	25,5	30,00	40,00	53,00
Preis f. d. laufenden Meter Mark	2,90	3,55	3,95	4,70	6,15	6,75	7,40	9,40	12,55	15,85	19,30	26,40	35,50

Zwischensorten werden bei größeren Bestellungen besonders angefertigt und zu dem Preise der nächsthöheren Dimension berechnet. Die Preise gelten für Rohre unbestimmter Fabrikationslängen. Für größere Längen als 7 Meter wird ein Aufschlag von 5 Prozent für jeden angefangenen 1 Meter Mehrlänge, ebenso für feste Längen ein solcher von 5 Prozent auf den Nettopreis bedingt.

Mannesmann-Stahlröhren für Hochdruckleitungen.

Lichte Weite in Millimeter	6	10	13	16	20	25	32	38	44	51	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
a) Für Betriebsdrucke bis 50 Atmosphären (Probedruck 100 Atmosphären)																				
Wandstärke . . . . . . mm	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5
Laufender Meter Gewicht . kg	0,85	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,1	3,6	4,1	4,7	6,8	8,9	11,1	15,1	19,8	25,2	34,0	40,9	48,4	56,5
Preis pro Meter . . . .Mark	1,70	2,40	2,70	2,80	3,00	2,50	3,10	3,60	4,10	4,70	6,80	8,90	11,10	15,10	19,80	25,20	34,00	40,90	48,40	56,50
b) Für Betriebsdrucke bis 100 Atmosphären (Probedruck 200 Atmosphären)																				
Wandstärke . . . . . . mm	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	6,5	7,5	9,0	10,0				
Laufender Meter Gewicht . kg	0,85	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,1	3,6	4,1	4,7	7,8	12,9	21,0	29,0	40,6	51,5				
Preis pro Meter . . . .Mark	1,70	2,40	2,70	2,80	3,00	2,50	3,10	3,60	4,10	4,70	7,80	12,90	21,00	29,00	40,60	51,50				
c) Für Betriebsdrucke bis 200 Atmosphären (Probedruck 400 Atmosphären)																				
Wandstärke . . . . . . mm	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	7,5	10,0	12,5							
Laufender Meter Gewicht . kg	0,85	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,1	4,2	5,4	6,9	15.2	27,0	42,2							
Preis pro Meter . . . .Mark	1,70	2,40	2,70	2,80	3,00	2,50	3,10	4,20	5,40	6,90	15,20	27,00	42,20							
d) Für Betriebsdrucke bis 500 Atmosphären (Probedruck 1000 Atmosphären)																				
Wandstärke . . . . . . mm	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	13,0	19,0									
Laufender Meter Gewicht . kg	0,85	1,2	1,5	2,0	3,1	5,1	7,9	11,1	14,9	20,4	43,8									
Preis pro Meter . . . .Mark	1,70	2,40	2,70	3,00	4,65	5,10	7,90	11,10	14,90	20,40	43,80									
e) Für Betriebsdrucke bis 1000 Atmosphären (Probedruck 2000 Atmosphären)																				
Wandstärke . . . . . . mm	3,5	5,0	6,5	8,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	26,0										
Laufender Meter Gewicht . kg	0,85	1,9	3,2	4,7	7,4	12,1	18,9	26,6	35,6	49,1										
Preis pro Meter . . . .Mark	1,70	2,85	4,80	6,50	7,40	12,10	18,90	26,60	35,60	49,10										

Die Rohre werden sämtlich vor Absendung dem angegebenen Probedrucke unterworfen und dann, wenn nichts anderes vereinbart ist, mit einem eingebrannten Überzug von Teeremaille versehen; da, wo außergewöhnliche Vorsicht geboten ist, Verzinkung mit darüber liegender Teeremaille.

Die Fabrikationslängen betragen 3 bis 6,5 Meter für die mittleren Dimensionen und 3 bis 4,5 Meter für die schwersten Sorten.

Normalabmessungen, Gewichte und Preise der nahtlosen Mannesmann-Stahlrohre mit Flanschenverbindungen.

Äußerer Durchmesser		1 1/2	1 5/8	1 3/4	1 7/8	2	2 1/8	2 1/4	2 3/8	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5
	engl. Zoll / Millimeter	38	41,5	44,5	47,5	51	54	57	60	63,5	70	76	83	89	95	102	108	114	121	127
Wandstärke	Millimeter	2,25	2,25	2,25	2,25	2,50	2,50	2,75	3	3	3	3	3,25	3,25	3,25	3,75	3,75	3,75	4	4
Flanschendurchmesser	„	96	99	103	106	116	121	124	129	133	140	146	163	169	175	185	191	197	204	226
Flanschenstärke	„	8	8	8	8	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	16
Flanschenlochkreis	„	68	71	75	78	84	89	92	97	101	108	114	126	132	138	148	154	160	167	179
Schraubenlochdurchmesser	„	11,5	11,5	11,5	11,5	14	14	14	14	14	14	14	17	17	17	17	17	17	17	21
Anzahl der Schraubenlöcher		3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Metergewicht inkl. Flanschen	ca. Kilogramm	2,40	2,40	2,52	2,74	3,22	3,50	4	4,60	4,90	5,40	5,90	7,05	7,66	8,17	10	10,60	11,20	12,63	13,68
Preis pro Meter	Mark	3,60	3,70	3,80	4,—	4,40	4,65	4,75	5,20	5,65	6,15	6,65	8,—	8,90	9,40	11,10	12,10	12,80	14,50	17,30

Äußerer Durchmesser		5 1/4	5 1/2	5 3/4	6	6 1/4	6 1/2	6 3/4	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12
	engl. Zoll / Millimeter	133	140	146	152	159	165	171	178	191	203	216	229	241	254	267	279	292	305
Wandstärke	Millimeter	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,5	6,5	6,5	7	7,5	7,5	7,5
Flanschendurchmesser	„	231	239	245	254	261	269	275	286	300	313	327	341	354	372	385	404	417	430
Flanschenstärke	„	16	16	16	16	16	16	16	18	18	20	20	20	22	22	22	25	25	25
Flanschenlochkreis	„	184	192	198	207	214	222	228	240	253	266	280	294	306	323	336	353	365	379
Schraubenlochdurchmesser	„	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Anzahl der Schraubenlöcher		4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8
Metergewicht inkl. Flanschen	ca. Kilogramm	14,35	16,70	17,40	18,10	19,10	19,70	20,60	21,70	27,70	29,91	36,67	38,92	41,44	44,26	49,52	55,90	58,71	61,48
Preis pro Meter	Mark	18,70	20,80	22,30	23,70	25,60	28,40	29,40	31,50	39,80	46,—	55,30	60,70	69,70	75,20	82,50	94,30	107,20	116,80

Die Angaben der zwei untersten Zeilen beziehen sich auf gewöhnliche Längen von 4 bis 6,5 Meter. Für kürzere Längen erhöhen sich Gewichte und Preise durch die erforderliche Vermehrung der Flanschen. Schrauben und Dichtungen sind in den Preisen nicht enthalten und werden nur auf besonderes Verlangen mitgeliefert und besonders berechnet. Die Verbindung erfolgt mit losen Flanschen und gebördelten Enden, aufgelöteten ineinandergedrehten Bunden, aufgelöteten glatten Bunden oder auch mit aufgelöteten festen Flanschen, die eventuell nach den Normalien für gußeiserne Röhren hergestellt werden (siehe diese Verbindungen bei den „Rohrverbindungen für schmiedeiserne Rohre“ Fig. 194 bis 197).

Nahtlose Patentstahlrohre mit Langrippen werden nach Fig. 64 von der Firma „Duisburger Eisen- und Stahlwerke in Duisburg a. Rhein“ auf Walzen hergestellt. Röhren von 130 bis 235 Millimeter Durchmesser bei 3 bis 10 Millimeter Wandstärke bestehen aus e i n e m S t ü c k bis 10 Meter Länge ohne jede Schweißung. Durch die mit dem Rohr gleichzeitig ausgewalzten Langrippen besitzt dieses, wenn die Rippen oben und unten gelegen sind, eine bedeutend vermehrte Festigkeit gegen Durchbiegungen bei Terrainsenkungen u. s. w.

Zum Schlusse geben wir in Fig. 65 einen aus Schmiedeisen hergestellten Verteiler für Badeanstalten, Spitäler u. s. w., um die Tauglichkeit des Materials auch für solche Zwecke vor Augen zu führen.

Dieses Armaturstück bildet in der Regel den Anschluß an den Hauptabsperrschieber innerhalb großer Wasserabnehmergebäude, von wo aus die Verteilungsleitungen nach den einzelnen Bedarfstellen: Kesselspeisung, Dampfwäscherei, Bäder, Kochküche etc. abzweigen und je durch ein besonderes Absperrventil mit der betreffenden Leitung verbunden werden. Die in der Figur dargestellte Form ist bei schmiedeisernen Verteilern üblich, wie sie z. B. von Balcke, Tellering & Co. in Benrath bei Düsseldorf durch Schweißung, also ohne jede Naht hergestellt wird. Vielfach werden auch gußeiserne Verteiler angewendet, die sich nur insofern von der gezeichneten Form unterscheiden, als gegenüber der Eintrittstelle der gleiche Stutzen mit Flanschenverschluß angebracht wird, damit der Kern bei der Gußform beiderseitig sein Auflager findet. Bei dem schmiedeisernen Verteiler ist der gedachte Stutzen mit einem eingeschweißten Boden geschlossen. An der tiefsten Stelle des Verteilers wird die Entleerung angebracht. Die einzelnen Verteilungsleitungen erhalten je nach dem Verwendungszweck an verschiedenen Stellen emaillierte Aufschriftschilder.

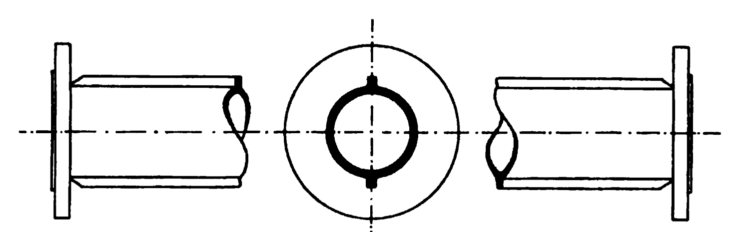


Fig. 64. Nahtloses Patentstahlrohr mit Langrippen.

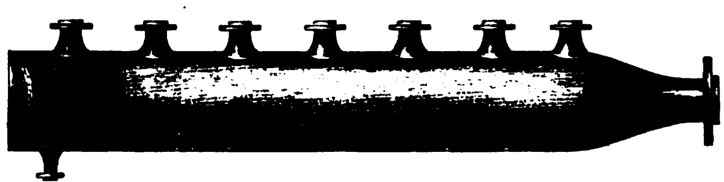


Fig. 65. Schmiedeiserner Verteiler für Badeanstalten etc. von Balcke, Tellering & Co. in Benrath.

Im allgemeinen bereitet die Herstellung von Fassonstücken bei den schmiedeisernen Röhren erheblich größere Schwierigkeiten als bei den gußeisernen, was wir hier ganz besonders und als einen Nachteil hervorheben müssen, der bei Anlage von Rohrnetzen in Städten sehr gewichtig ist. Man hilft sich dann in der Weise, daß die Formstücke in Gußeisen und nur die geraden Röhren in Schmiedeisen hergestellt werden. Die Verbindungen (Muffen oder Flanschen) zwischen Guß- und Schmiedeisen sind dabei jeweils für den einzelnen Fall zu bestimmen, da hierüber Normalien noch nicht bestehen.

Die Eigentümlichkeit der Herstellung von Mannesmannröhren z. B. bedingt, daß deren Handelskaliber wegen der Dorne nur nach den Lichtweiten der Normaltabelle für gußeiserne Muffenröhren bemessen sind, dagegen infolge ihrer geringeren Wandstärke einen wesentlich kleineren äußeren Durchmesser haben als die gußeisernen Rohre; dies läßt die Verbindung der Mannesmannröhren mit gußeisernen normalen Formstücken, deren Muffenweiten bedeutend dickere Bleiringe ergeben, gewagt erscheinen. Um darüber Gewißheit zu erlangen, ob derlei Verbindungen widerstandsfähig sind, wurden in Stuttgart Versuche mit 200 mm-Stahlröhren und eingebleiten normalen gußeisernen Formstücken, wobei sich Dichtungsfugen in einer Stärke von 15 mm (statt der normalen 8 mm) ergaben, hinsichtlich des Verhaltens der Bleiringe bei Drücken von 25 Atmosphären vorgenommen. Das Ergebnis war nicht abweichend von dem Verhalten der normalen 8 mm starken Bleiringe bei Gußröhren. Allerdings wurden die Muffen-

verbindungen nur dem gewöhnlichen ruhigen und langsam eintretenden Probedruck bis zu 25 Atmosphären unterzogen; ob sich die Verbindungen auch bei den in Rohrsträngen auftretenden Widderstößen auf die Dauer widerstandsfähig erweisen, kann erst mit der Zeit oder durch Versuche — die bislang fehlen — festgestellt werden.

Literatur
über Schmiedeisen- und Stahlröhren.

[164] Die Fabrikation schmiedeiserner Röhren. Berg- und Hüttenm. Ztg. 1877, S. 69. — [165] Tubes sans soudure. Chron. indust. Bd. 4 (1881), S. 113. — [166] Jowell's Riby, Kältesichere schmiedeiserne Röhren. Zeitung f. Blechindustrie. Bd. 11 (1882), S. 358. — [167] Tuyaux en tôle d'acier pour conduites d'eau. Semaine de constr. Bd. 7 (1882), S. 140. — [168] Smith, H., Water power with high pressures and wrought iron water pipes. Engin. and Min. Journ. 1884, Mai u. Juni. — [169] Steel pipes for water mains. Engin. Bd. 62 (1886), S. 303. — [170] Smith, Wrought-iron conduit pipes. Iron and Steel. 1886, I, S. 133. — [171] Smith, Wasserleitungsröhren aus Eisenblech. Eisenztg. Bd. 23 (1886), S. 401. — [172] Riedler, Mannesmannsches Walzverfahren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1888, S. 206. — [173] Wasserleitungen aus schmiedbarem Eisen. Stahl u. Eisen. Bd. 8 (1888), S. 309. — [174] Das Mannesmannverfahren. Glasers Annalen. 1890, I, S. 265. — [175] Reuleaux, Über das Mannesmannsche Rohrwalzverfahren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1890, S. 621. — [176] Genietete Stahlrohrleitung des Wasserwerkes Newark. Eng. News. 1890, August. — [177] Manchester und Liverpool-Stahlröhren. Engineering. Bd. 52 (1890), S. 748. — [178] Gelötete schmiedeiserne Röhren. Engineering. 1891, S. 520. — [179] Stahlrohrwasserleitung von 1,5 Meter Durchmesser nach Paris (Vigne). Gén. civ. Bd. 19. (1891), S. 122. — [180] Duncan, Verbindung von Stahlröhren für Wasserleitung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 34 (1891), S. 687. — [181] Stahlrohre für Wasser- und sonstige Leitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 34 (1891), S. 88. — [182] Conduite d'eau en tôle d'acier de 1,50 m de diamètre. Gén. civ. Bd. 19, S. 122. — [183] Anfertigung genieteter Wasserleitungsrohre aus Eisen und Stahl. Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 11 (1891), S. 77. — [184] The Virnwy water supply to Liverpool. Engin. 1891, S. 442. — [185] Beschaffenheit der Mannesmannröhren und ihre Verwendung zur Leitung von Druckwasser. Dampf. Bd. 8 (1891), S. 1200. — [186] Stahlrohrleitung der Wasserversorgung von Newark. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 28. — [187] Krause, M., Über Mannesmannrohre (Vortrag). Berlin 1892. — [188] Ehrhardt, Die Fabrikation spiralgeschweißter Röhren. Stahl u. Eisen. 1894, S. 655. — [189] Eiserne Wasserleitungsrohre mit Bleieinlage. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1894, S. 131 u. 304. — [190] Stahlrohrwasserleitung in Rochester N. Y. und Schutz derselben gegen Rostbildung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 409. — [191] Die Herstellung von Stahlröhren für hohe Pressungen. Engineering. 1896, S. 692. — [192] Goldschmidt, H., Das Zusammenschweißen von schmiedeisernen Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1900, S. 288. — [193] The Statler-Bischoff low pressure pipe. Iron Age. März 1900, S. 14. — [194] Ein aus Stahlplatten zusammengenieteter Dücker von 760 Millimeter Lichtweite mit Holzverkleidung. Eng. News. Juli 1901, S. 48. — [195] The Torresdale conduit at Philadelphia. Eng. Rec. Mai 1901, S. 470. — [196] Submerged steel pipes for the Jersey City water works. Eng. Rec. 1902, S. 558. — [196a] Revision der Gewinde schmiedeiserner Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 962; 1903, S. 693; 1904, S. 244 u. 635. — [196b] Über die Verwendung von schmiedeisernen und gußeisernen Röhren. Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1903. — [196c] Haltbarkeit der gußeisernen und der Mannesmannröhren. Stahl u. Eisen. 1904, S. 189. — [196d] Verwendung und Verhalten gußeiserner und flußeiserner (Mannesmann-Ferrum-) Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 517 u. 1040. — [197] Geschichte und Fabrikation gezogener Gasrohre, Bousse in Z. Stahl und Eisen. 1. Okt. 1905, S. 1114. — [197a] Die Herstellung geschweißter Rohre. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1905, S. 1921. — [197b] 1 m lW. Hochdruckleitung, mit Einzelheiten. Schweiz. Bauzeitg. 21. Juli 1906. — [197c] J. Edward Litten, Das geschweißte Schmiedeisenrohr für Kanalisations-, Wasser- und Gasleitungen. Berlin 1906. — [197d] Zur Fabrikation gezogener Gasrohre. Bousse, Stahl und Eisen. 13. März 1907, S. 371. — [197e] Länge schmiedeiserner Muffenrohre. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 316.

Literatur
über galvanisierte Schmiedeisenröhren.

[198] Verzinkte Eisenröhren zu Speisewasserleitungen. Zeitschr. f. Spiritusindustrie. Bd. 7 (1884), S. 873. — [199] Verzinkte Eisenrohre. Zeitschr. f. Blechindustrie. Bd. 13 (1884), S. 111. — [200] Verzinkte Eisenröhren. Gesundh.-Ingen. Bd. 7 (1884), S. 191. — [201] Ehmann, Zur Frage der Verwendung von verzinkten Eisenröhren bei Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1884, S. 89. — [202] Danger of galvanized iron pipes. Scient. Americ. Suppl., Bd. 18 (1884), S. 7091. — [203] Friederich, Schmiedeiserne Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 28 (1885), S. 714. — [204] Iben, Über Wasserkraft unter hohen Pressungen aus schmiedeisernen

Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 28 (1885), S. 437. — [205] Venable, Galvanished iron water pipes. Scient. Americ. Suppl., Bd. 19 (1885), S. 7764. — [206] Verzinkte Eisenrohre, bei Privatwasserleitung angewendet. Zeitschr. f. Blechindustrie. Bd. 28 (1886), S. 523. — [207] Beielstein, Über die Anwendung schmiedeiserner und Bleiröhren zur Wasserleitung. Ges.-Ingen. Bd. 10 (1887), S. 113. — [208] Bunte, Erfahrungen und Versuche über die Verwendung von verzinkten Eisenrohren für Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 30 (1887), S. 61. — [209] Über galvanisierte Wasserzuleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 206 u. 443. —[209 a] Heißverzinkung od. elektrolyt. Verzinkg. von Röhren, ebenda 1907, S. 138.

Literatur
über verzinnte Schmiedeisenröhren.

[210] Verzinnte schmiedeiserne Wasserleitungsröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 19 (1876), S. 286, 336, 359. — [211] v. d. Plaats, Verzinnte Röhren mit Messingkuppelung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 964. — [212] v. d. Plaats, Einwirkung von Leitungswasser auf Blei und verzinnte Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 844. — [212 a] Material für Zuleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 276; 1905, S. 725.

Deutsche Reichspatente
auf Röhrenherstellung aus Eisen und Stahl.

Nr. 58 762, 59 052. Mannesmann-Röhrenwalzung. — Nr. 127 808. Rohrstreckverfahren. Mannesmann. — Nr. 136 783. Herstellung nahtloser Rohre. G. Alvermann, Witten a. d. Ruhr. — Nr. 139 164. Biegsames Metallrohr. Witzemann. — Nr. 165 729. Wellrohr mit Stahlband umwickelt für hohen Druck. Mewes. — Nr. 168 922. Rohrkrümmer für verminderte Reibung des Wassers. v. d. Nahmer A.G. — Nr. 169 697. Biegsames Hochdruckrohr mit Bleimantel. Briefs.

Kupfer-, Messing- und Zinnröhren; Zinkröhren und Röhren aus Metallegierungen.

Das Anwendungsgebiet dieser Röhren ist ein beschränktes, einerseits wegen der hohen Materialpreise, anderseits, bei Kupfer und Messing, wegen der nicht immer von der Hand zu weisenden hygienischen Gefahr. Es ist zwar die durch Einwirkung freier Kohlensäure auf Kupfer entstehende Kruste, der sogenannte unechte Grünspan (echter Grünspan ist das sehr giftige essigsaure Kupferoxyd), in Wasser unlöslich und deshalb ohne schädliche Wirkung; aber Kohlensäure ist nicht die einzige im Wasser enthaltene Säure und die Kupferlösungen aus anderen Säuren sind stets mehr oder weniger gesundheitsschädlich. Bei Anwesenheit von reichlichem Kalk in dem kohlensauren Wasser belegt sich zwar die Rohrwand bald mit einer schützenden Steinkruste, die das metallische Kupfer nicht mehr mit freien Säuren in Berührung treten läßt; weil man sich jedoch bei Beschaffung der Rohre wohl über die augenblickliche chemische Zusammensetzung des Leitungswassers Aufschluß verschaffen kann, nicht aber für die Fortdauer dieser Zusammensetzung wird einstehen wollen, so muß die Verwendung eines verdächtig reagierenden Materials in großem Umfange bei Trinkwasserversorgungen wohl ausgeschlossen bleiben; es sollte nur im Notfalle, zur Herstellung von Bögen, Formstücken u. dgl. gebraucht werden. Auch dann wird aus gesundheitlichen Rücksichten eine gute Verzinnung sowohl der Kupfer- als auch der Messingrohre nicht umgangen werden dürfen. Für Luxuszwecke, wie z. B. in Bädern, Hotels oder Maschinenhäusern, finden sich jedoch nicht selten die blank geputzten glänzenden Kupfer- und Messingrohrleitungen vor; sie dienen aber dort nicht für Trinkzwecke und sind deshalb auch nicht zu beanstanden. Wir wollen übrigens nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, daß im Handbuch der Hygiene Bd. I, S. 499 (Jena 1896) Messingröhren für Wasserleitungen empfohlen werden; die dort geäußerte Ansicht, daß Messing das indifferenteste Material für Wasserleitungen sei, teilen wir indessen nicht [216], [217], [218], [219]. Zinn, so einwandfrei und voll guter Eigenschaften namentlich beim Installieren es sein mag (es schmiegt sich ähnlich dem Blei allen Ecken und Krümmungen an), ist bei genügenden Wandstärken als Röhrenmaterial leider meistens zu teuer, sobald die Lichtweiten etwas größer werden. Als Innenmantel für Bleiröhren ist Zinn dagegen von wertvoller hygienischer Bedeutung, die (vgl. S. 17) auch ihre Würdigung gefunden hat.

Die Verbindungen der Kupfer-, Messing- und Zinnröhren werden meistens durch Löten bewerkstelligt, sodann mittels lose aufgesteckter Flanschen oder aufgelöteter Verschraubungen; sie sind später besonders besprochen.

Für die geraden handelsüblichen Röhren aus diesen Metallen folgen einige Wandstärken-, Gewichts-, Grundpreis- und Überpreistabellen, wobei jedoch bemerkt werden muß, daß die Grundpreise sich stetig ändern, hauptsächlich bei den Kupferröhren, seit Kupfer für die Elektrotechnik so überaus wichtig geworden ist.

Wandstärken der Kupferröhren für verschiedene Pressungen.

Lichtweite in Millimeter	Erforderliche Minimalwandstärke δ in Millimeter nach Gleichung 11) für $k_z = 500$									
	$p = 6$		$p = 8$		$p = 10$		$p = 15$		$p = 20$	
	δ ber.	δ abger.	δ ber.	δ abger.	δ ber.	δ abger.	δ ber.	δ abger.	δ ber.	δ abger.
10	0,05	1,0	0,07	1,0	0,09	1,0	0,13	1,0	0,18	1,0
11	0,06	1,0	0,08	1,0	0,10	1,0	0,14	1,0	0,19	1,0
12	0,06	1,0	0,08	1,0	0,10	1,0	0,16	1,0	0,21	1,0
13	0,07	1,0	0,09	1,0	0,11	1,0	0,17	1,0	0,23	1,0
14	0,07	1,0	0,10	1,0	0,12	1,0	0,18	1,0	0,25	1,0
15	0,08	1,0	0,11	1,0	0,13	1,0	0,20	1,0	0,26	1,0
16	0,08	1,0	0,11	1,0	0,14	1,0	0,21	1,0	0,28	1,0
17	0,09	1,0	0,12	1,0	0,15	1,0	0,22	1,0	0,30	1,0
18	0,09	1,0	0,12	1,0	0,16	1,0	0,24	1,0	0,32	1,0
19	0,10	1,0	0,13	1,0	0,17	1,0	0,25	1,0	0,33	1,0
20	0,10	1,0	0,14	1,0	0,17	1,0	0,26	1,0	0,35	1,0
25	0,13	1,0	0,17	1,0	0,23	1,0	0,33	1,0	0,44	1,0
30	0,16	1,0	0,21	1,0	0,26	1,0	0,39	1,0	0,53	1,0
35	0,18	1,0	0,24	1,0	0,30	1,0	0,46	1,0	0,62	1,0
40	0,21	1,0	0,28	1,0	0,35	1,0	0,52	1,0	0,70	1,5
45	0,23	1,0	0,31	1,0	0,39	1,0	0,59	1,0	0,79	1,5
50	0,26	1,0	0,35	1,0	0,44	1,0	0,66	1,5	0,88	1,5
55	0,29	1,0	0,38	1,0	0,49	1,0	0,72	1,5	0,97	1,5
60	0,31	1,0	0,41	1,0	0,52	1,0	0,79	1,5	1,06	1,5
65	0,34	1,0	0,45	1,0	0,57	1,0	0,85	1,5	1,14	1,5
70	0,36	1,0	0,48	1,0	0,61	1,0	0,92	1,5	1,23	1,5
75	0,39	1,0	0,52	1,0	0,65	1,0	0,98	1,5	1,32	2,0
80	0,42	1,0	0,55	1,0	0,70	1,5	1,05	1,5	1,41	2,0
85	0,44	1,0	0,59	1,0	0,74	1,5	1,11	1,5	1,50	2,0
90	0,47	1,0	0,62	1,0	0,78	1,5	1,18	1,5	1,58	2,0
95	0,49	1,0	0,66	1,5	0,83	1,5	1,24	1,5	1,67	2,5
100	0,52	1,0	0,69	1,5	0,87	1,5	1,31	2,0	1,76	2,5
125	0,65	1,0	0,86	1,5	1,09	1,5	1,64	2,0	2,20	2,5
150	0,78	1,5	1,04	1,5	1,31	2,0	1,97	2,0	2,64	3,0
175	0,91	1,5	1,21	1,5	1,52	2,0	2,29	2,0	3,08	3,5
200	1,04	1,5	1,38	2,0	1,74	2,0	2,62	2,5	3,52	4,0
225	1,17	1,5	1,55	2,0	1,96	2,5	2,94	3,0	3,96	4,5
250	1,30	2,0	1,73	2,5	2,18	2,5	3,28	3,0	4,40	5,0
275	1,43	2,0	1,90	2,5	2,39	3,0	3,60	4,0	4,84	5,5
300	1,56	2,0	2,07	2,5	2,61	3,0	3,93	4,5	5,28	6,0

δ ermittelt sich für $p = 6$, 8, 10, 15 und 20 Atm. Betriebsdruck wie folgt:

$$\delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{500 + 0{,}4\,.\,6}{500 - 1{,}3\,.\,6}} - 1\right) = 0{,}0052\,.\,D; \quad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{500 + 0{,}4\,.\,8}{500 - 1{,}3\,.\,8}} - 1\right) = 0{,}0069\,.\,D;$$

$$\delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{500 + 0{,}4\,.\,10}{500 - 1{,}3\,.\,10}} - 1\right) = 0{,}0087\,.\,D; \quad \delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{500 + 0{,}4\,.\,15}{500 - 1{,}3\,.\,15}} - 1\right) = 0{,}0131\,.\,D;$$

$$\delta = 0{,}5 \,.\, D\left(\sqrt{\frac{500 + 0{,}4\,.\,20}{500 - 1{,}3\,.\,20}} - 1\right) = 0{,}0176\,.\,D.$$

Gewichtstabelle der Kupferröhren ($\gamma = 8850$ Kilogramm).

Lichtweite in Millimeter	Gewicht des Rohrs von 1 Meter Baulänge in Kilogramm bei Wandstärken δ in Millimeter											
	$\delta =$ 1,00	$\delta =$ 1,25	$\delta =$ 1,50	$\delta =$ 1,75	$\delta =$ 2,00	$\delta =$ 2,25	$\delta =$ 2,50	$\delta =$ 2,75	$\delta =$ 3,00	$\delta =$ 3,50	$\delta =$ 4,00	$\delta =$ 5,00
10	0,305	0,390	0,479	0,571	0,667	0,766	0,868	0,974	1,084	1,313	1,556	2,085
11	0,333	0,425	0,521	0,620	0,722	0,828	0,938	1,051	1,167	1,411	1,668	2,224
12	0,361	0,460	0,563	0,669	0,778	0,891	1,007	1,127	1,251	1,508	1,779	2,363
13	0,389	0,495	0,604	0,717	0,834	0,953	1,077	1,204	1,334	1,605	1,890	2,502
14	0,417	0,529	0,646	0,766	0,889	1,016	1,146	1,280	1,417	1,702	2,001	2,641
15	0,444	0,564	0,688	0,814	0,945	1,079	1,216	1.357	1,501	1,800	2,113	2,780
16	0,472	0,599	0,729	0,863	1,000	1,141	1,285	1,433	1,584	1,897	2,224	2,919
17	0,500	0,634	0,771	0,912	1,056	1,204	1,355	1,509	1,668	1,994	2,335	3,058
18	0,528	0,669	0,813	0,960	1,112	1,266	1,424	1,586	1,751	2,092	2,446	3,197
19	0,556	0,703	0,854	1,009	1,167	1,329	1,494	1,662	1,835	2,189	2,557	3,336
20	0,583	0,738	0,896	1,058	1,223	1,391	1,563	1,739	1,918	2,286	2,669	3,475
25	0,722	0,912	1,105	1,301	1,501	1,704	1,911	2,121	2,335	2,713	3,225	4,170
30	0,861	1,086	1,313	1,544	1,779	2,017	2,259	2,503	2,752	3,199	3,781	4,865
35	1,000	1,259	1,522	1,788	2,057	2,330	2,606	2,886	3,169	3,686	4,337	5,560
40	1,139	1,433	1,730	2,031	2,335	2,643	2,954	3,268	3,586	4,173	4,893	6,255
45	1,278	1,607	1,939	2,274	2,613	2,955	3,301	3,650	4,003	4,659	5,449	6,950
50	1,417	1,781	2,147	2,517	2,891	3,268	3,649	4,033	4,420	5,146	6,005	7,645
55	1,556	1,954	2,356	2,761	3,169	3,581	3,996	4,415	4,837	5,632	6,561	8,340
60	1,695	2,128	2,564	3,004	3,447	3,894	4,344	4,797	5,254	6,119	7,117	9,035
65	1,835	2,302	2,773	3,247	3,725	4,206	4,691	5,179	5,671	6,605	7,673	9,731
70	1,974	2,476	2,981	3,491	4,003	4,519	5,039	5,562	6,088	7,092	8,229	10,426
75	2,113	2,649	3,190	3,734	4,281	4,832	5,386	5,944	6,505	7,578	8,785	11,121
80	2,252	2,823	3,398	3,977	4,559	5,145	5,734	6,326	6,922	8,065	9,341	11,816
85	2,391	2,997	3,607	4,220	4,837	5,458	6,081	6,709	7,340	8,552	9,897	12,511
90	2,530	3,171	3,815	4,464	5,115	5,770	6,429	7,091	7,757	9,038	10,453	13,206
95	2,669	3,345	4,024	4,707	5,393	6,083	6,777	7,473	8,174	9,525	11,010	13,901
100	2,808	3,518	4,233	4,950	5,671	6,396	7,124	7,856	8,591	10,011	11,566	14,596
125	—	—	—	—	7,061	7,960	8,862	9,767	10,676	12,444	14,346	18,072
150	—	—	—	—	—	—	10,599	11,678	12,761	14,877	17,126	21,547
175	—	—	—	—	—	—	—	13,590	14,846	17,309	19,907	25,022
200	—	—	—	—	—	—	—	15,501	16,933	19,742	22,687	28,498
225	—	—	—	—	—	—	—	—	19,017	22,175	25,467	31,973
250	—	—	—	—	—	—	—	—	21,102	24,608	28,247	35,449
275	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,041	31,028	38,924
300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29,473	33,808	43,399

Überpreisliste für Kupferröhren.

Überpreise für 100 Kilogramm in Mark						Überpreise für 100 Kilogramm		
Lichtweite in Millimeter	Wandstärke					Lichtweite in Millimeter	Minimal-Wandstärke in Millimeter	Überpreis in Mark
	1 mm	1¼ mm	1½ mm	1¾ mm	2 mm			
10	225	192	175	160	145	121—130	2	4
11	185	160	145	130	112	131—140	2	8
12	160	145	130	112	96	141—150	2½	12
13	145	130	112	96	80	151—160	2½	16
14	130	112	96	80	72	161—170	2¾	24
15	112	96	80	72	64	171—180	2¾	32
16	96	80	72	64	56	181—190	2¾	40
17	92	76	68	60	52	191—200	2¾	48
18	88	72	64	56	48	201—210	3	56
19	84	68	60	52	44	211—220	3	64
20—24	76	64	56	48	40	221—230	3	72
25—29	60	48	40	28	24	231—240	3	80
30—34	48	36	28	20	12	241—250	3	88
35—39	40	28	20	12	8	251—260	3½	96
40—80	28	16	8	4	0	261—270	3½	108
81—100	32	20	12	8	0	271—280	3½	120
101—120	40	28	16	12	0	281—290	3½	132
						291—300	3½	144

Bei Lichtweiten <10 mm Preis nach Übereinkunft.

Der gegenwärtige Grundpreis (1907) für Kupferröhren ohne Naht ist 285 Mark für 100 Kilogramm.

Gewichtstabelle der Messingröhren ($\gamma = 8500$ Kilogramm).

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Gewicht des Rohres von 1 Meter Baulänge in Kilogramm bei Wandstärken δ in Millimeter											
	$\delta =$ 1,00	$\delta =$ 1,25	$\delta =$ 1,50	$\delta =$ 1,75	$\delta =$ 2,00	$\delta =$ 2,25	$\delta =$ 2,50	$\delta =$ 2,75	$\delta =$ 3,00	$\delta =$ 3,50	$\delta =$ 4,00	$\delta =$ 5,00
10	0,240	0,292	0,340	0,385	0,427	—	—	—	—	—	—	—
15	0,373	0,458	0,540	0,619	0,694	0,766	0,834	0,899	0,961	1,074	—	—
20	0,507	0,625	0,741	0,852	0,961	1,066	1,168	1,126	1,361	1,542	1,709	2,002
25	0,640	0,792	0,941	1,086	1,228	1,366	1,502	1,633	1,762	2,009	2,243	2,670
30	0,774	0,959	1,141	1,320	1,495	1,667	1,835	2,001	2,162	2,476	2,777	3,337
35	0,907	1,126	1,341	1,533	1,762	1,967	2,169	2,368	2,563	2,944	3,311	4,005
40	1,041	1,293	1,542	1,787	2,029	2,268	2,503	2,735	2,964	3,411	3,845	4,673
45	1,174	1,460	1,742	2,021	2,296	2,568	2,837	3,102	3,364	3,878	4,379	5,340
50	1,308	1,627	1,942	2,254	2,563	2,868	3,171	3,469	3,765	4,346	4,913	6,008
55	1,441	1,794	2,142	2,488	2,830	3,169	3,504	3,836	4,165	4,813	5,447	6,675
60	1,575	1,961	2,343	2,722	3,097	3,469	3,838	4,204	4,566	5,280	5,981	7,343
65	1,709	2,127	2,543	2,955	3,364	3,770	4,172	4,571	4,966	5,747	6,515	8,011
70	1,842	2,294	2,743	3,189	3,631	4,070	4,506	4,938	5,367	6,215	7,049	8,670
75	1,976	2,461	2,944	3,423	3,898	4,371	4,840	5,305	5,767	6,682	7,583	9,346
80	2,109	2,628	3,144	3,656	4,165	4,671	5,173	5,672	6,168	7,149	8,117	10,013
85	2,243	2,795	3,344	3,890	4,432	4,971	5,507	6,040	6,569	7,617	8,651	10,681
90	2,376	2,962	3,544	4,124	4,700	5,272	5,841	6,407	6,969	8,084	9,186	11,349
95	—	—	3,745	4,357	4,967	5,572	6,175	6,774	7,370	8,551	9,720	12,016

Gewichtstabelle der Messingröhren (γ = 8500 Kilogramm) (Fortsetzung).

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Gewicht des Rohres von 1 Meter Baulänge in Kilogramm bei Wandstärken δ in Millimeter											
	δ = 1,00	δ = 1,25	δ = 1,50	δ = 1,75	δ = 2,00	δ = 2,25	δ = 2,50	δ = 2,75	δ = 3,00	δ = 3,50	δ = 4,00	δ = 5,00
100	—	—	—	4,591	5,234	5,873	6,509	7,141	7,770	9,019	10,254	12,684
105	—	—	—	—	5,501	6,173	6,842	7,508	8,171	9,486	10,788	13,351
110	—	—	—	—	5,768	6,473	7,176	7,875	8,571	9,953	11,322	14,019
115	—	—	—	—	—	6,774	7,510	8,243	8,972	10,421	11,856	14,686
120	—	—	—	—	—	—	7,844	8,610	9,372	10,888	12,390	15,354
125	—	—	—	—	—	—	—	8,977	9,773	11,355	12,924	16,022
130	—	—	—	—	—	—	—	9,344	10,174	11,823	13,458	16,689
135	—	—	—	—	—	—	—	9,711	10,574	12,290	13,992	17,357
140	—	—	—	—	—	—	—	10,078	10,975	12,757	14,526	18,024
145	—	—	—	—	—	—	—	10,446	11,375	13,224	15,060	18,692
150	—	—	—	—	—	—	—	10,813	11,776	13,692	15,594	19,360
155	—	—	—	—	—	—	—	11,180	12,176	14,159	16,128	20,027
160	—	—	—	—	—	—	—	—	12,577	14,626	16,663	20,695
165	—	—	—	—	—	—	—	—	12,977	15,094	17,197	21,362
170	—	—	—	—	—	—	—	—	13,378	15,561	17,731	22,030

Überpreise für Messingröhren in Mark pro 100 Kilogramm.

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter					Bemerkung
	2 u. mehr	$1^3/_4$	$1^1/_2$	$1^1/_4$	1	
81—100	0	4	8	16	—	Der Grundpreis für Messingröhren ohne Lötnaht ist gegenwärtig (1907) 220 Mk., mit Lötnaht 240 Mk., je für 100 Kilogramm.
50—80	0	4	8	16	44	
45—49	4	8	12	20	32	
40—44	8	12	16	24	36	
35—39	12	16	20	28	40	
30—34	16	20	24	32	44	
25—29	20	24	28	36	48	
24	28	32	36	44	56	
23	32	36	40	48	60	
22	40	44	48	56	68	
21	48	52	56	64	76	
20	56	60	64	72	84	
19	64	68	72	80	92	
18	72	76	80	88	100	
17	80	88	96	104	112	
16	96	104	112	120	128	
15	104	120	128	136	144	
14	112	136	144	152	160	

Röhren mit äußerem Durchmesser 101 ÷ 150 Millimeter
jedes Vielfache von 5 Millimeter oder dessen Bruchteil 4 Mark Überpreis pro 100 Kilogramm
Röhren von bestimmter Länge von 4 ÷ 5 Meter . . . 4 „ „ „ „ „
„ „ „ „ „ 5,01 ÷ 5,80 Meter . 8 „ „ „ „ „
Röhren mit größerer Lichtweite als 150 Millimeter nach Übereinkunft.

Gewichtstabelle der Zinnröhren ($\gamma = 7350$ Kilogramm).

Lichtweite	Erforderliche Minimal-Wandstärke für $k_z = 60$ nach Gleichung 11)			Gewicht des Rohres von 1 Meter Baulänge in Kilogramm bei Wandstärken δ in Millimeter								
	$p = 6$	$p = 8$	$p = 10$									
	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$	$\delta =$
mm	mm	mm	mm	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
10	0,47	0,64	0,84	0,25	0,40	0,55	0,70	0,90	—	—	—	—
11	0,51	0,71	0,92	0,30	0,45	0,60	0,80	0,95	—	—	—	—
12	0,56	0,77	1,00	0,30	0,45	0,65	0,85	1,05	—	—	—	—
13	0,61	0,84	1,09	0,35	0,50	0,70	0,90	1,10	—	—	—	—
14	0,65	0,90	1,17	0,35	0,50	0,75	0,95	1,15	—	—	—	—
15	0,70	0,97	1,25	0,40	0,55	0,80	1,00	1,25	—	—	—	—
16	0,75	1,03	1,34	0,40	0,60	0,85	1,05	1,30	—	—	—	—
17	0,79	1,10	1,42	0,45	0,65	0,90	1,10	1,40	—	—	—	—
18	0,84	1,16	1,50	0,45	0,70	0,90	1,20	1,45	—	—	—	—
19	0,89	1,22	1,59	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	—	—	—	—
20	0,93	1,29	1,67	0,50	0,75	1,00	1,30	1,60	—	—	—	—
21	0,98	1,35	1,75	0,50	0,80	1,05	1,35	1,65	2,00	—	—	—
22	1,03	1,42	1,84	—	0,80	1,10	1,40	1,70	2,05	—	—	—
23	1,07	1,48	1,92	—	0,85	1,15	1,45	1,80	2,10	—	—	—
24	1,12	1,55	2,00	—	0,90	1,20	1,55	1,85	2,20	2,60	—	—
25	1,17	1,61	2,09	—	0,90	1,25	1,60	1,95	2,30	2,70	—	—
26	1,21	1,67	2,17	—	0,95	1,30	1,65	2,00	2,35	2,75	—	—
27	1,26	1,74	2,25	—	1,00	1,35	1,70	2,05	2,45	2,85	3,30	—
28	1,31	1,80	2,34	—	1,00	1,40	1,75	2,15	2,55	2,95	3,40	—
29	1,35	1,87	2,42	—	1,05	1,40	1,80	2,20	2,65	3,05	3,50	—
30	1,40	1,93	2,51	—	1,10	1,45	1,90	2,30	2,70	3,15	3,60	4,05
35	1,63	2,25	2,92	—	—	1,70	2,15	2,60	3,10	3,60	4,10	4,60
40	1,87	2,58	3,34	—	—	1,95	2,45	2,95	3,50	4,05	4,60	5,20
50	2,34	3,22	4,18	—	—	—	3,05	3,65	4,30	5,00	5,65	6,35

Für $p = 6$ Atm. wird $\delta = 0{,}50 . D \left(\sqrt{\frac{60 + 0{,}4 . 6}{60 - 1{,}3 . 6}} - 1 \right) = 0{,}0467 . D$;

„ $p = 8$ „ „ $\delta = 0{,}50 . D \left(\sqrt{\frac{60 + 0{,}4 . 8}{60 - 1{,}3 . 8}} - 1 \right) = 0{,}0644 . D$;

„ $p = 10$ „ „ $\delta = 0{,}50 . D \left(\sqrt{\frac{60 + 0{,}4 . 10}{60 - 1{,}3 . 10}} - 1 \right) = 0{,}0835 . D$.

Die **Herstellung der Kupferröhren** geschieht auf dreierlei Weise:

1. gerollte Röhren mit Lötnaht, durch Rollen und Zusammenlöten des Kupferbleches;
2. gezogene Röhren ohne Naht, durch Aufwalzen und Ziehen durch ein Zieheisen des Kupferdrahtes oder Barrens [214], [215];
3. galvanoplastisch gewonnene Röhren ohne Naht [213].

Letztere Herstellung der Kupferröhren, welche sich auch für die übrigen der besprochenen Metalle: Messing und Zinn, seit Ausdehnung der Elektrizitätswerke und billigerem Bezug des elektrischen Stromes immer mehr verbreitet, ist die vollendetste. Sie ermöglicht durch die feine Verteilung des gelösten Metalles in dem galvanischen Bade ein durchaus homogenes, gleichartiges und gleichdickes Niederschlagen auf dem genau runden neutralen Kern, der aus irgend einem indifferenten Metalle aufs feinste poliert hergestellt in das Bad gelegt wird und auf dem sich bei Einführung des elektrischen Stromes Molekül um Molekül Kupfer oder Messing u. s. w. nebeneinander und übereinander lagern. Bei Messingröhren kann überdies die Lösung durch chemische

Reagenzien derart kombiniert werden, daß selbst die Farbe des Messings durch Veränderung einer der in Lösung befindlichen Legierungsbestandteile entsprechend bestimmt wird.

Diese elektrolytische Herstellung der Kupferröhren hat indes gegenüber derjenigen aus gewalzten Kupferblechen den Nachteil, daß zufolge der kristallinischen Struktur des Kupfers, wie sie sich beim Ausscheiden aus der Kupferlösung naturgemäß bildet, die Sprödigkeit etwas zunimmt. Dies hat bei geraden Röhren zwar keine große Bedeutung, kann jedoch beim Biegen derselben oder bei Anwendung von Kupferbögen zu Kompensationszwecken (s. Kompensationen) nachteilig werden, indem bei den häufig vorkommenden Streckungen und Stauchungen des Bogens dieser leichter rissig wird als der aus gewalztem Blech erstellte. Daher die Vorschrift der Kupferrohrwerke, daß derlei Kompensationsbogen vor dem Einbau auf etwa 1/3 der vorher berechneten Längenausdehnung des Rohrstranges ausgespannt werden sollen; dadurch wird die Schubwirkung nahezu paralysiert, die Zugwirkung nicht wesentlich vermehrt.

Um beim Biegen der leichtbrüchigen Metallröhren der Gefahr des Flachdrückens des kreisrunden Rohrquerschnittes nicht ausgesetzt zu sein, werden die Rohre vor dem Biegen mit Wasser, Sand oder flüssigem Pech gefüllt und an den Enden verschlossen. Die Rohre behalten dann beim Biegen ihre kreisrunde Form.

Bei Füllung mit heißem Pech ist besonders darauf zu achten, daß nach erfolgtem Biegen das angewärmte Rohr seines Pechinhaltes vollständig entledigt wird; es kommt vor, daß in den Bögen das nicht genügend flüssig gewordene Pech haften bleibt, und den Rohrquerschnitt verengt, zuweilen ganz verstopft. Durch Abklopfen des Rohres von außen kann man bei einiger Übung die Anhaftung von Pech am Metallklang erkennen, wenn der Augenschein nicht mit Sicherheit das Rohrinnere rein zeigt. Werden bei den genannten Metallröhren Verbindungen durch Löten notwendig, so ist sehr darauf zu achten, daß die Lötung gut und dauerhaft gemacht wird. Eine gute Lötung ist nur zu erzielen, wenn die zu verbindenden Stücke metallisch rein sind, bevor der Lötprozeß beginnt, und rein bleiben, solange das Löten dauert. Zweierlei Metalle verbinden sich nur dann innig miteinander, wenn keinerlei fremdes Material zwischen den zur Berührung zu bringenden Flächen gelagert ist. Dies wird vor dem Löten durch Scheuern und Bestreichen mit Lötwasser (verdünnte Salz- und Salpetersäure) erreicht, indem durch letzteres alles Organische von den Metallflächen entfernt wird, Fett, Rost u. s. w. Während des Lötens darf eine Oxydation des Metalles nicht eintreten; daher wird irgend ein leichtflüssiges oder alkalische Dämpfe ausstoßendes Mittel, Kolophonium, Borax, Glaspulver, Salmiak, Lötsalz (Chlorzinksalmiak) u. dgl. auf die erhitzten Stücke gebracht. Diese Stücke verhüten auch beim Hartlöten im Feuer die Kohlenstoffablagerung auf den Metallflächen. Das Lot selbst muß stets eine weit geringere Schmelztemperatur besitzen als die zu lötenden Stücke, andernfalls fließen letztere mit dem Lot oder verbrennen (s. über das Löten).

Zinnröhren können nur mit dem Lötkolben gelötet werden (Weichlöten), da ihre niedere Schmelztemperatur von 230 Grad C. im offenen Feuer bald überschritten sein würde.

Röhren aus Zink [221] haben bei Wasserleitungen bis jetzt nur ganz ausnahmsweise Verwendung gefunden; ebenso selten verwendet werden Röhren von Manganbronze [220], weil beide Materialien relativ teuer sind bezw. bei gewöhnlichen Trinkwasserleitungen den billigeren anderen gegenüber keine allgemeinen Vorzüge besitzen. Röhren aus Phosphorbronze sollen sich in Bergwerken zur Ableitung saurer Wasser vorzüglich bewährt haben; sie werden von Münstermann, Ludwigshütte, Kattowitz O.-S. hergestellt. Aus Nickelstahl gezogene Röhren sind von Krupp auf der Düsseldorfer Ausstellung — 1902 — als geeignete, nicht rostende und sehr widerstandsfähige Wassertransportmittel auf Schiffen empfohlen worden; wir haben indessen über dieses Material von der Firma keine weitere Auskunft erlangen können. Zweifellos werden im Laufe der Zeit auch Aluminiumlegierungen für Installationsleitungen in Betracht kommen.

Literatur
über Kupferröhren.

[213] Elmore, Making cupper pipes by electrolysis. Iron age. Bd. 42 (1888), S. 319. — [214] Gezogenes Messingrohr ungewöhnlicher Abmessung. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1888, S. 724. — [215] Erzeugung von Kupferröhren nach dem Mannesmannverfahren. Zeitschr. d. Ver. deustch. Ingen. 1892, S. 591. — [216] Cohen, Über Anfressungen von Messing- und Kupferröhren durch Seewasser. Engineer. Mai 1902, S. 469. — [217] Hüllmann, Über Anfressungen kupferner Wasserleitungen an Bord unserer Kriegsschiffe. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingenieure.

1902, S. 535. — [218] Herzberg, Zur Frage der Anfressungen von Rohrleitungen für See- und Salzwasser. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1902, S. 816. — [219] Uthemann, Schutz des Kupfers und seiner Legierungen gegen die Zerstörung durch Seewasser. Ebendas. 1905, S. 733.

Literatur
über Röhren aus Manganbronze.

[220] Röhren von Manganbronze. Engin. Bd. 70 (1890), S. 61. — [220a] Röhrenfabrikation aus Schmiedeisen, Kupfer und Kupferlegierungen. Verhandl. d. Ver. z. Beförderung d. Gewerbefleißes. 1900, S. 361.

Literatur
über Zinkröhren.

[221] Vogel, Zinkröhren in Verwendung bei Wasserleitungen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 241 (1881), S. 157.

Zementröhren (Betonröhren) **und Steinzeugröhren** (Tonröhren) werden bei der Wasserversorgung vielfach verwendet und sind — bei Einhaltung gewisser Bedingungen — vorzügliche Baumaterialien. Die einfachen Zementröhren bestehen aus Portlandzement, Sand und Kies; die Steinzeugröhren aus Ton, welcher bis zur Sinterung gebrannt ist; die Tonröhren aus Ton, der nicht ganz bis zur Sinterung gebrannt, dessen Scherben also noch porös ist.

Gewöhnliche Zementröhren. Die Profile dieser aus Beton verschiedener Mischungsverhältnisse ohne Einlage hergestellten Röhren sind in Abt. 1, S. 697, Fig. 327, 328 dargestellt; auch sind in Bd. 3 des Städt. Tiefbaues S. 378 ff. Verbindungen, Wandstärken und Gewichte der handelsüblichen Lichtweiten (15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 Zentimeter) angegeben, ebenso Versuche über Druckfestigkeit, Zugfestigkeit, Scherfestigkeit u. s. w., worauf wir verweisen.

In Frankreich hat man an verschiedenen Orten gewöhnliche Zementröhrenleitungen mit nicht unerheblichem inneren Wasserdruck zur Ausführung gebracht. Seite 7 haben wir gezeigt, welche große Wandstärken in solchem Falle — bei einer zulässigen Zugspannung von 3 Kilogramm-Quadratzentimeter für Beton — erforderlich sind, wenn es überhaupt möglich werden soll, die Leitungen für Pressungen auf 1,8 Atmosphären herzustellen, worauf ebenfalls verwiesen sei. In der Regel werden derartige unter innerem Druck stehende Leitungen mit großen Wandstärken nicht billiger als die zweifellos dauerhafteren und einfacher herzustellenden gußeisernen Rohrleitungen, und da sie nicht bloß schwitzen, sondern überdies bei den geringsten Bodenbewegungen zum Bruche neigen, so können sie als Druckleitungen nicht empfohlen werden. Deshalb hat auch der französische Vorgang in Nizza, Grenoble etc. bei uns keine Nachahmung gefunden; die absolute Betriebssicherheit einer Leitung ist mit Recht bei uns der allererste und entscheidendste Faktor bei Auswahl des Baumateriales für dieselbe.

Für Leitungen ohne inneren Druck und bei verhältnismäßig geringer Wassergeschwindigkeit ($v \leq 1$ Meter-Sekunde) eignen sich dagegen die Zementröhren überall dort vortrefflich zu Wasserleitungen, wo sie in den gewachsenen Boden solid verlegt werden können. Es ist hier zulässig, die gewöhnlichen handelsüblichen leichten Röhren zu verwenden, sofern sie auf der Innenseite der Rohrwand nicht bloß geschlämmt, sondern mit einem gut haftenden Reinverputz versehen sind. Erweist aber bei Wasserleitungen die Geschwindigkeit ein größeres Maß als das oben angegebene, so besteht die Gefahr eines nachteiligen mechanischen Angriffs auf die Innenwandungen der Zementröhren (sogenanntes Durchscheuern) und es ist in solchen Fällen große Vorsicht geboten. Es hängt dann von der Qualität des Baumateriales ab, ob ein empfindlicher Schaden entsteht oder nicht; man wird also darauf sehen müssen, daß die Vergebung nur an solche Betongeschäfte erfolgt, die durch vorzügliche Leistungen bekannt sind und die nötigen finanziellen Garantien für ihre Ausführungen bieten.

Bei der Fabrikation erhalten die Zementröhren eine absolut kreisrunde Form und in der Regel auch eine solche Glätte der Innenwand, daß man unbedenklich die für Druckverluste maßgebenden Formeln zur Anwendung bringen darf. Wandelt sich aber infolge von Durchscheuerung die Glätte in Rauhigkeit um, so entstehen der Rechnung gegenüber bedeutend größere Druckverluste, was zu sehr mißlichen Ergebnissen führen kann. Auch dieser Umstand spricht gegen die Zulassung von größeren Geschwindigkeiten oder mahnt wenigstens sehr zur Vorsicht.

Hinsichtlich Dauerhaftigkeit guter Zementröhren hat man bis jetzt die besten Erfahrungen gemacht, sofern die Leitungen in einem Untergrunde liegen, der keine Zersetzung des Betons veranlaßt. In moorigem Boden, sowie überhaupt in solchem, der Säuren enthält oder sonst in Zersetzung begriffen ist, muß vor Anwendung von Zementröhren gewarnt werden.

Ein großer Vorteil der Zementröhren gegenüber eisernen und anderen Metallröhren besteht darin, daß die Qualität des Wassers in denselben durch das Material der Leitung unbeeinflußt bleibt, wenn der Untergrund, in welchem sie verlegt sind, ein reiner ist. Wo dies letztere aber nicht zutrifft, stellen sich bei dem porösen Material Diffusionsbeziehungen her, die — wenigstens bei Leitungen ohne inneren Überdruck — den Übergang von Bodenfeuchtigkeit und der darin enthaltenen Gase in das Leitungswasser ermöglichen und damit eventuell das letztere verderben können.

Der Hauptvorzug der Zementröhren ist in der Praxis durch den niederen Anschaffungspreis dieses Baumateriales (bei gewöhnlichen Wandstärken) begründet. Die Preise sind aber je nach der Lage der Fabrik, dem zur Herstellung verwendeten Zement und Sand, der Wandstärke Ausstattung etc. so verschieden, daß wir hier allgemeine Angaben unterlassen müssen. Man wird im einzelnen Falle sehr leicht die Preise von den nächstgelegenen Fabriken zu erheben in der Lage sein, wenn man die Bedingungen bekanntgibt, unter welchen die Rohrleitungen funktionieren sollen.

Nahezu allgemein werden die kreisrunden Zementröhren in 1 Meter Baulänge von den Fabriken hergestellt und in der Baugrube derart zu einem Rohrstrange verbunden, daß man sie an den Stößen gut unterlegt, die ineinandergreifenden Fugen mit Zementmörtel ausstreicht und von außen um die Dichtungsfugen einen Wulst von ca. 15 Zentimeter Breite aus Zementmörtel anbringt, wie aus Fig. 66 ersichtlich.


Fig. 66. Verbindung von Zementröhren im Rohrstrang.

Selbstverständlich ist die Kreisform nicht die einzige bei Herstellung von Wasserleitungen aus Beton. Verschiedene andere Profile von Betonkanälen wollen in Abt. 1, S. 796 ff. nachgesehen werden. Derartige Kanäle werden auch in der Baugrube selbst fertig hergestellt [229]; im übrigen verweisen wir bezüglich Fabrikation der Zementröhren auf [224], [225], [227], [228], [231], [235]. Weiteres über die Vereigenschaftung von Zementröhren zu Wasserleitungen wolle in [222], [223], [229], [230], [232], [233], [236] und in den angegebenen Patenten nachgesehen werden*).

Eisenarmierte Betonröhren. Seit einigen Jahren hat in Frankreich das System von Leitungsröhren aus Eisen und Beton eine große Ausdehnung angenommen, besonders für Hochdruckleitungen. Das Prinzip der Konstruktion besteht in einer Eisenarmatur, eingelassen in eine Umhüllung von Zementbeton und dazu bestimmt, den Röhren die Fähigkeit zur Ertragung großer Pressungen zu verleihen, ebenso die nötige Elastizität, damit sie, ohne zu reißen, abnormalen Pressungen durch Widderstöße etc. Widerstand leisten können. Da die Wärmedehnungen von Eisen und Beton annähernd dieselben sind, können die Temperaturwechsel keinen schädlichen Einfluß auf diese Leitungen ausüben. Die Kombination der zwei die Röhren zusammensetzenden Stoffe hat den Zweck, die Inanspruchnahme so zu teilen, daß stets die Eigenschaften des einzelnen Materiales vorteilhaft ausgenutzt werden. Je nach dieser Absicht gibt es verschiedene Systeme, von welchen wir das bekannteste, das sogenannte Moniersystem [234] bereits in Abt. 1, S. 697 erwähnt haben. Außerdem seien hier noch zwei weitere Systeme beschrieben, die am meisten für Druckrohrleitungen Anwendung gefunden haben.

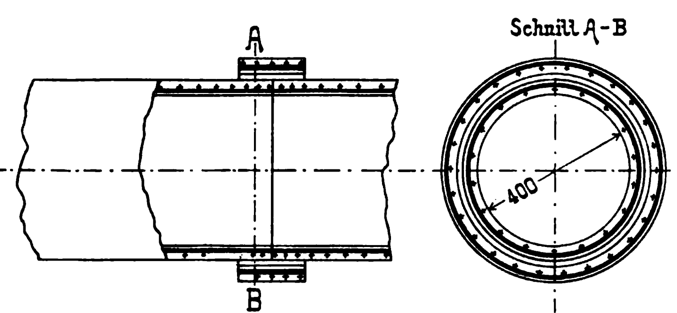


Fig. 67. Eisenarmiertes Betonrohr, System Bordenave.

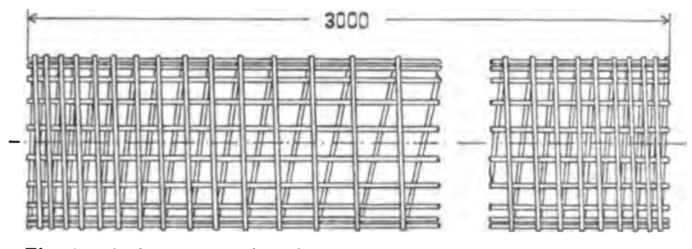


Fig. 68. Stahlarmatur mit Spirale zum Betonrohr, System Bordenave.

*) Die sogenannten Steinasphaltröhren, d. h. mit Asphalt getränkte Zementröhren, sind für Zwecke der Trinkwasserversorgung ungeeignet.

a) Eisenarmierte Betonröhren, System Bordenave [D. R.-P. Nr. 69097] (Fig. 67 u. 68). Bei dem System Bordenave besteht die Stahlarmatur aus einer Spirale, deren Windungen durch Stahlstäbe mit I-Profil verbunden sind; die Dimensionen wechseln mit dem Durchmesser und der Maximalpressung des Wassers. Die Form der angenommenen Profile und die zahlreichen Anhaltspunkte, welche Stäbe und Spirale dem Zementmörtel bieten, haben zur Folge, daß eine beträchtliche Berührungsfläche zwischen Beton und Metallgerippe gegeben ist. Die Röhren haben kreisrunden Querschnitt und sind durch Bandagen verbunden, man stellt sie in Nähe des Verwendungsortes mittels eines besonderen Apparates her, der den Namen „pondeuse" hat. Zu dem Zwecke wird das Metallgerippe durch Längsrippen, die den Windungen der Spirale folgen, zusammengehalten; man setzt dasselbe vertikal auf den Boden, auf welchem ein kreisförmiger, U-förmig gebogener Ring den Mantel umfaßt. Ein gußeiserner Dorn füllt den Innenraum des Rohres aus; eine ebenfalls gußeiserne Form, die konzentrisch mit dem Gerippe und dem Dorn ist, ist von dem letzteren um die Dicke, die man dem Rohrmantel geben will, entfernt. Der Beton wird von oben eingegossen. Weil dieser Beton in den oberen Partien weniger zusammengepreßt wird, gleicht man dort diesen Übelstand durch eine größere Menge von Metall aus, indem man die Spiralwindungen oben näher aneinanderlegt. In gleicher Weise verfährt man an dem unteren Teil des Rohres in Anbetracht dessen, daß dieser Teil das ganze Gewicht zu tragen hat, bis das Rohr herausgenommen wird. Das letztere erfolgt zwei oder drei Tage nachdem der Mörtel abgebunden hat.

b) Eisenarmierte Betonröhren, System Bonna (Fig. 69 u. 70). Rohrwände aus Stahl und Beton sind bei ca. 2 bis 2,5 Atmosphären Wasserdruck undurchlässig. Im

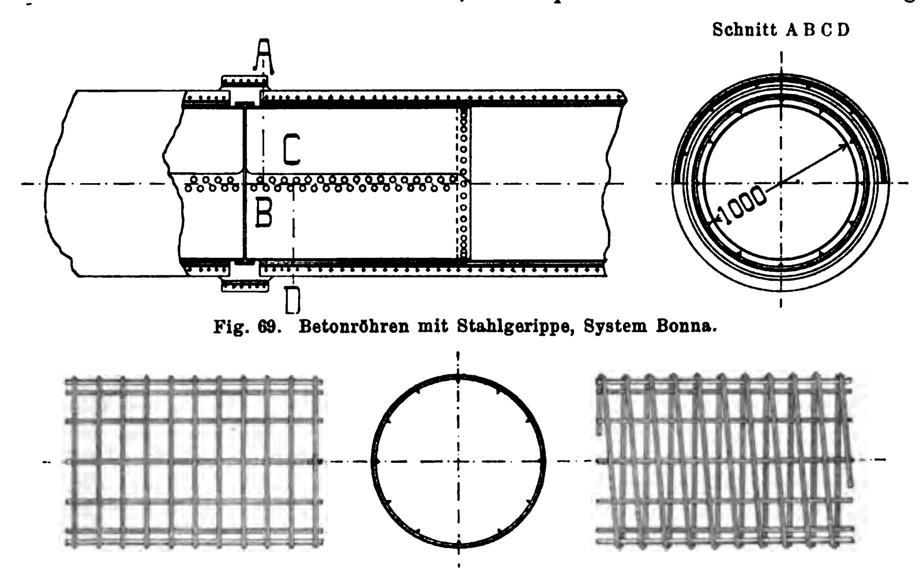


Fig. 69. Betonröhren mit Stahlgerippe, System Bonna.

Fig. 70. Stahlgerippe zu den Betonröhren, System Bonna.

übrigen ist die Dichtigkeit von der Mörtelmischung abhängig. Im Anfange ist eine Zementrohrleitung nie vollständig dicht, aber sie wird es ziemlich rasch, wenn die oben angegebenen Pressungen nicht überschritten werden. In der Absicht, eine sofortige Wasserdichtigkeit der Leitungen zu erreichen, hat Bonna bei den Arbeiten für die landwirtschaftliche Ausnutzung der Abwasser von Paris ein System adoptiert, welches darin besteht, ein genietetes Stahlrohr mit einer dem Wasserdrucke entsprechenden Wandstärke und umgeben von einer Metallarmatur, eingehüllt in Zementbeton, einzubringen oder ein zweites Rohr aus verbleitem Eisen in den mittleren Teil des Rohres, zwischen 2 Metallarmaturen, einzusetzen, so daß es in dieser Lage, zwischen 2 Schichten Zementmörtel, gegen Oxydation und Wasserangriffe geschützt ist. Die angewandten Stahlschienen haben ein T-Profil, äußerlich mit einer Rippe versehen, um die Rundung und die Befestigung der Bänder an den Spiralen zu erleichtern. Derart profilierte Stahlstäbe gleichen Querschnittes geben großen Widerstand gegen Druck und Biegung; sie geben den Röhren größere Steifheit und erleichtern die Adhäsion des Mörtels. Bei den Röhren größerer Lichtweite (1,10 bis 1,80 Meter) ist die metallische Armatur mit Hilfe genieteter Bänder durch übergezogene Bandagen hergestellt.

Für Röhren mittlerer Lichtweite (0,40 bis 1,10 Meter) ist die metallische Armatur aus zylindrischen Umfassungen in Profilstahl und kreuzförmigen Langstäben, die den Erzeugenden folgen, hergestellt. Die Verbindung der Röhren erfolgt mittels eines ersten Bundes, an den Enden des

Röhreninneren angebracht, welcher die Verkleidung um 5 Zentimeter übersteht; diese Verbindung ist zusammengesetzt aus einem Blatt von biegsamem vulkanisierten Asbest, mit Bleiweiß bestrichen, bedeckt mit einer Bandage aus Blei, das über dem Rohr verstemmt wird. Ein zweiter Bund, dazu bestimmt, dem ersten Anlage zu geben, besteht in einer Bandage ähnlicher Art wie jene der Röhren und aus denselben Stoffen zusammengesetzt. Das Gießen dieser Röhren vollzieht sich wie früher beschrieben.

Die Leitungen aus Eisen und Beton haben den gußeisernen und Betonleitungen gegenüber einige Vorzüge, welche ihre Verwendung erklären: sie sind genügend undurchlässig, nicht oxydierbar, und der Stahl bleibt so lange intakt, als sich die Zementumhüllung erhält. Die absolute Sicherheit der Konstruktion ist verbürgt, wenn man das Stahlgerippe so berechnet, daß dieses allein den ganzen Druck aufnimmt; man darf die größte Spannung mit 8 bis 10 Kilogramm pro Quadratmillimeter des Querschnittes annehmen, sofern die Zugfestigkeit mindestens 50 bis 60 Kilogramm - Quadratmillimeter beträgt. Von dem Beton erwartet man nur die Abdichtung und die Fähigkeit, an dem Gerippe festzuhaften. Die Solidität der Röhren nimmt im Laufe der Zeit zu, bezw. wird größer als bei den Versuchen. — Die Widerstandsfähigkeit wurde bewiesen durch einen Versuch im Jahre 1893 an dem städtischen Hebewerke zu Clichy. Ein Rohr von 500 Millimeter Lichtweite, bestehend aus einem inneren Blechrohr, umwickelt mit Stahlspiralen, mit ähnlichem Profil wie Fig. 69, versenkt in eine Zementmörtelfüllung von 35 Millimeter Wandstärke, war berechnet, einem Drucke von 2 Atmosphären zu widerstehen, indem man als größte zulässige Spannung 8 Kilogramm - Quadratmillimeter annahm. Bei den Versuchen widerstand das Rohr 12,5 Atmosphären, also einem sechsmal größeren Drucke als vorgesehen. Nach dem Versuche wurde das Rohr durchschnitten. Die Zementumhüllung hing noch fest mit dem einen Rohr zusammen und das ganze Rohr war noch vollständig intakt.

Die Kosten solcher Rohrleitungen sind natürlich bedeutend höher als jene für einfache Zementröhren, und es wird erst nach genauer Bekanntgabe derselben entschieden werden können, ob man das System mit Vorteil an Stelle von Eisenröhren treten lassen kann, wenn nicht zum vornherein die letzteren ursächlich der durch das Wasser an den Innenwänden hervorgerufenen Korrosion von der Verwendung ausgeschlossen sind. Vgl. auch die Patentschriften.

Literatur
über Zementröhren.

[222] Thierry, Les tuyaux en ciment pour conduites d'eau. Journ. de l'agricult. 1870, S. 220. — [223] Badenheim, Rohrleitung aus Zementguß. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1875, S. 665. — [224] Aigner, Über die Fabrikation von Zementröhren am k. k. Salzbergwerk Ischl. Dingl. polyt. Journ. Bd. 220 (1876), S. 506. — [225] Über die Fabrikation von Zementröhren. Maschinenbauer. 1877, S. 121. — [226] Renette, Tuyaux en béton comprimé. Monit. ind. belge. 1877, S. 463. — [227] Neue Form zur Herstellung gepreßter Zementröhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 232 (1879), S. 411. — [228] Moules Ribière pour tuyaux en ciment. Monit. céramique. Bd. 11 (1880), S. 316. — [229] Hamilton, Machine for constructing continous concrete pipes. Eng. Bd. 55 (1883), S. 386. — [230] Betonröhren für Wasserleitungen. Gewerbebl. a. Württemberg. Bd. 35 (1883), S. 38. — [231] Formen der Zementrohre. Dingl. polyt. Journ. Bd. 250 (1883), S. 205. — [232] Concrete water pipes. Scient. Americ. Suppl., Bd. 18 (1884), S. 7091. — [233] Conduites d'eau en fonte et en béton de ciment. Monit. industr. belge. Bd. 6 (1879), S. 149. — [234] Zementröhren mit Drahteinlage. Zeitschr. f. Maschinenbau und Schlosserei. Bd. 6 (1889), S. 383. — [235] Frohnhäuser, Röhren aus Beton und deren Herstellung. Dingl. polyt. Journ. Bd. 287, S. 79. — [236] Gary, Urteile aus der Praxis über die Verwendung von Zementröhren; zusammengestellt im Auftrage des Vereins deutscher Portlandzementfabrikanten. Stettin 1895. — [236a] Über Wasserleitungsröhren aus Eisenzement. Journ. f. Gasb. u. Wasservers. 1903, S. 212. — [236b] Teeranstrich zum Schutz von Zementrohrkanälen, ebenda, 1904, S. 446. — [236c] Ein Standrohr aus Stahlbeton in Milford, Ohio, ebenda, S. 446. — [236d] Ein Wasserleitungskanal in Eisenbeton, Zement und Beton. 1904, S. 11. — [236e] Ast, Ferd., Zementrohre, Eine Anleitung zur Herstellung. Berlin 1906. — [236f] Gary, M., Zementröhren, ihre Verwendung, Prüfung und Bewertung in der Praxis. Berlin 1906.

Deutsche Reichspatente
über Betonkanäle. Zementröhren und Monierröhren.

Nr. 6445. Lehrgerüst für Betonkanäle, um diese in der Baugrube zu fertigen. Chailly. — Nr. 12 337. Maschine zum Modellieren von Röhren aus Zement etc. Malgat. — Nr. 14 673. Herstellung von Zementröhren mit Eiseneinlage. Wayß. — Nr. 15 832. Röhren, Zisternen oder andere Flüssigkeitsbehälter, welche aus Metallblech mit schwalbenschwanzförmigen Wellungen hergestellt werden, das an dem Orte der Verwendung zusammengenietet und innen und außen mit Zement oder ähnlichem plastischen Material bekleidet werden kann; ferner die Anordnung von

Verstärkungsreifen. Hyath. — Nr. 16 617. Transportabler Formkern zur Herstellung von Betonröhren. Grether. — Nr. 21 308. Verdichtungslager für Stoßfugen von Zement- und Tonröhren. Hüser. — Nr. 40 173. Neuerungen an Maschinen zur Herstellung von Zementröhren mit Gewebeinlagen. Zisseler. — Nr. 61 318. Vorrichtung zur Herstellung großer Zementrohre. Aktiengesellschaft für Monierbauten. — Nr. 69 097. Anlage zur Herstellung von Röhren aus Zement. Bordenave. — Nr. 70 061. Doppelwandige Hohlform zur Herstellung von Zementröhren mittels radialer Kernverschiebung. Serwotka. — Nr. 75 095. Formmaschine zur Herstellung von Röhren etc. mit Metalleinlage in der Baugrube. Otto. — Nr. 83 191. Verfahren zur Dichtung der Muffen von Rohrleitungen und Kanälen. Mairich.

Steinzeugröhren und Tonröhren. Die Seite 81 gegebene Unterscheidung zwischen Steinzeugröhren und Tonröhren bedarf noch einer zusätzlichen Erklärung. Wenn man unter „Steinzeug" nur ein vollständig dicht gebranntes Material, das kein Wasser aufnimmt, versteht, so ist der Name Steinzeugrohr nicht ganz korrekt; die im Handel vorkommenden sogenannten Steinzeugröhren nehmen alle noch Wasser auf und sind nichts anderes als hartgebrannte dichte Tonröhren. Für die etwas willkürliche Unterscheidung zwischen Steinzeugröhren und Tonröhren ist nach der Erläuterung der Fabrik von Friedrichsfeld das Verhältnis der Wasseraufnahme maßgebend: Röhren mit einer Wasseraufnahmefähigkeit des Scherbens von höchstens 5 Prozent werden noch als Steinzeugröhren, solche mit mehr als 5 Prozent Wasseraufnahmefähigkeit als Tonröhren bezeichnet. Im Zusammenhang damit steht auch die Dichtigkeit und Feinkörnigkeit des Scherbens der Steinzeugröhren gegenüber der mehr erdigen Bruchfläche des porösen Scherbens vom Tonrohr. Die Farbe des Scherbens ist kein Unterscheidungsmerkmal; sie hat auf die Dichtigkeit der Rohrwand keinen Einfluß.

Zur Erzeugung guter Steinzeugröhren verwendet man nur solche Tone, die reichlich Kieselsäure enthalten und deren Sinterungs- und Schmelzpunkt weit auseinanderliegen; auch müssen die aus den Tonen hergestellten Röhren sich dicht brennen, gut sintern und ihre Form möglichst wenig verändern. Die Röhren werden im Ofen glasiert; die Glasur besteht aus kieselsaurem Tonerdenatron und wird dadurch erzeugt, daß bei einer Temperatur von ca. 1500 Grad Kochsalz auf die Feuerungen geworfen wird, das von hier aus dampfförmig in den Ofen gelangt. In diesem Zustande zersetzt die Kieselsäure des Tons das Kochsalz in Gegenwart von Wasserdämpfen; es entsteht Salzsäure und Natron, aus welchen in Verbindung mit der Kieselsäure das obenerwähnte kieselsaure Tonerdenatron hervorgeht, welches in alle Poren des Tones eindringt und sich als ein allen Säuren widerstehender Überzug auf den Röhren zeigt, der niemals abblättert.

Dieser Prozeß — die sogenannte Salzglasur — geht aber in der geschilderten Weise nur bei jener Temperatur vor sich, bei welcher die Tonmasse anfängt zu sintern; bei *nicht vollständig durchgebrannten Röhren* — den gewöhnlichen Tonröhren — erfolgt nur eine unvollkommene Glasurbildung. Die gewöhnlichen Tonröhren werden deshalb da und dort mit künstlichen Lehmglasuren, Bleiglasuren etc. versehen. Diese Glasuren sind nur oberflächlich; nach deren Abscheuerung liegt die poröse Rohrwand frei, und es machen sich dann — wie bei jedem porösen Materiale — die bereits bei den Zementröhren geschilderten Diffusionserscheinungen geltend. Weiteres über Herstellung von Tonröhren siehe [240], [242], [243], [244], [251], [254], [255], [257], [263]. Gewöhnliche Tonröhren sind deshalb nur in jenen Fällen zur Anwendung geeignet, in welchen auch die — in der Regel billigeren — Zementröhren zur Anwendung gelangen können; in allen anderen Fällen ist das Steinzeugrohr vorzuziehen, weil es als wasserundurchlässig betrachtet werden darf, also eine Diffusion durch die Rohrwand unmöglich ist und das Rohr als säurefest angesehen, mithin in jedem Untergrunde — *auch im moorigen, verdorbenen* — verwendet werden kann.

Die Haltbarkeit der Tonröhren ist eine unbeschränkte, wofür die nach Jahrtausenden noch steinharten Überreste alter Leitungen zeugen. Wird die Verlegung der Röhren sorgfältig ausgeführt, so sind erfahrungsgemäß Rohrleitungen bis zu 450 Millimeter Lichtweite allerwärts im stande, auch bei tiefer Baugrube dem Bodendruck und dem Drucke darübergehender Radlasten noch genügend zu widerstehen. Zerstörungen von *Rohrleitungen größerer Lichtweite* dagegen sind vorgekommen, und es ist nach unserer Ansicht auch deshalb, weil die größeren Röhren meist unrund aus dem Ofen kommen, vielfach ungleichmäßige Wandstärken, Ausbauchungen etc. zeigen, die eine dichte Verbindung erschweren bezw. zu Nebenspannungen Anlaß geben, auch bei genügenden Wandstärken teuer sind, die Verwendung von Steinzeugröhren über

450 Millimeter Lichtweite für Wasserleitungen nur in Ausnahmefällen vorteilhaft, in der Regel aber zu widerraten. Im übrigen halten sich die Leitungen auch bei nachgiebigem Untergrunde dann vortrefflich, wenn sie sorgfältig verlegt und — was ja in neuerer Zeit fast ausnahmslos geschieht — mit Asphalt gedichtet werden.

Die Frage, ob Tonrohrleitungen für Druckrohrstränge zu empfehlen seien (vgl. [245], [248], [252], [256], [260], [261], [262], [264]) wird sehr verschieden beantwortet. Nach unserer Ansicht ist dies wegen der großen Empfindlichkeit des Baumateriales im allgemeinen nicht ratsam, trotz der nachgiebigeren Asphaltverbindungen, über welche man heutzutage verfügt; ausnahmsweise kann darauf gegriffen werden. Es ist stets zu berücksichtigen, daß an den Muffen der Tonröhren bei stärkerem Drucke sehr leicht Wasser entweicht, welches den Boden aufweicht und Veränderungen in der Lage der Leitung begünstigt. Außerdem lehrt der Versuch, daß die Zugfestigkeit des handelsüblichen Rohrmaterials eine verhältnismäßig geringe ist, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Versuche zur Bestimmung der Zugfestigkeit bei Tonröhren.

Fabrik	Lichtweite D mm	Wandstärke δ mm	Innere Wasserpressung bei Bruch p_i	Koefizient m (s. Formeln)	K_z nach 1) kg-qcm	K_z nach 2) kg-qcm	K_z nach 3) kg-qcm	Gewicht pro Meter Baulänge kg
V. Cesqui in Norcia (nach Spataro)	40	11	20	2,40	36	55	50	3,5
	60	12	18	1,96	45	61	55	6,0
	80	13	15	1,69	46	60	54	9,2
	100	14	13	1,64	46	57	51	12,5
	120	15	12	1,56	48	58	52	16,5
	140	16	10	1,51	44	52	46	18,0
	160	17	8	1,46	38	45	40	21,0
	180	18	6	1,44	30	35	31	24,5
	200	19	5	1,39	28	32	26	27,0
Deutsche Tonwarenfabrik Münsterberg i. S. (nach Versuchen in Charlottenburg im Jahre 1899)	200	20	14,5	1,44	73	85	75	36,0
	300	26	12,0	1,38	69	79	69	67,0
	400	30	9,5	1,32	63	72	63	100,0
	500	37	12,0	1,32	80	91	79	155,0
	600	40	7,8	1,28	59	66	57	200,0
	700	50	7,1	1,31	50	55	48	290,0
	800	54	8,7	1,29	64	71	62	330,0
Mittelwerte			11,2		51,2	60,9	53,6	

In vorstehender Tabelle ist:

$$1)\ K_z = \frac{p^i D}{2\delta};\qquad 2)\ K_z = \frac{0{,}7 + 1{,}3 \,.\, m}{m - 1} \,.\, p_i;\qquad 3)\ K_z = \frac{0{,}4 + 1{,}3 \,.\, m}{m - 1} \,.\, p_i$$

$$\text{mit } m = \left(1 + \frac{2\delta}{D}\right)^2.$$

Würde man die Wandstärken der Röhren erheblich vergrößern, um auch bei den großen Lichtweiten noch bedeutende innere Pressungen zulassen zu können, so würden die Steinzeugröhren teurer als die besten eisernen Röhren und deshalb in den meisten Fällen nicht mehr rationell sein. Die Erfahrung lehrt denn auch, daß Tonrohrleitungen unter Druck heutzutage selten mehr erbaut werden; wo sie vorhanden waren, werden sie vielfach durch gußeiserne Rohrleitungen ersetzt.

In nachstehender Tabelle geben wir Dimensionen, Preise und handelsübliche Lichtweiten von Steinzeugröhren (Tonröhren):

Preise der geraden runden Steinzeugröhren.

D Lichte Weite des Rohres mm	ϑ Wandstärke mm ca.	D_1 Lichte Weite der Muffe mm	L Länge der Muffe mm	Gewicht pro Meter kg ca.	Anzahl der auf 1 Waggon von 10000 kg verladbaren laufenden Meter ca.	Preise pro Meter Baulänge (1906) Mark
50	15	110	60	8	1250	0,50
75	15	135	60	12,5	800	0,65
100	15	160	60	16	625	0,85
110	16	182	60	19	525	1,00
125	16	187	60	20	500	1,15
150	18	216	60	25	400	1,35
160	18	226	70	28	360	1,45
175	19	243	70	30	330	1,75
200	19	268	70	34	295	2,00
210	19	278	70	42	240	2,10
225	20	295	70	43	230	2,25
240	21	322	70	50	200	2,70
250	22	334	70	53	190	2,70
270	23	356	70	63,5	155	3,45
275	23	361	70	64,5	155	3,45
300	25	390	70	66	150	4,00
330	26	422	70	78	130	4,50
350	28	446	70	85	125	5,00
360	28	456	70	91	115	5,00
375	29	473	70	97	100	5,65
390	30	490	70	105	95	6,35
400	30	500	70	108	90	6,35
420	32	524	70	120	85	7,00
450	34	558	70	137	73	8,35
480	36	592	70	146	68	10,00
500	36	614	70	150	65	10,65
510	37	622	70	160	62	11,00
550	39	668	70	178	56	13,35
600	41	722	70	203	50	20,00
650	43	776	70	220	45	22,50
700	45	830	70	255	40	27,00
800	47	944	70	321	31	37,00
1000	50	1160	70	400	25	65,00

Diese Röhren werden hergestellt bei 50 Millimeter lichter Weite in Längen bis zu 0,60 Meter bei 75 Millimeter lichter Weite bis zu 0,75 Meter, bei größeren lichten Weiten in Längen von 0,60, 0,75, 1,00 Meter, welche zur effektiven Baulänge berechnet werden. Für Teilstücke von 0,50, 0,40, 0,30 und 0,20 Meter Länge ist der Preis gleich jenen für 0,5 Meter Rohr normaler Baulänge. Bei den größeren Baulängen hat man den Vorteil einer kleineren Anzahl von Verbindungen; bei den kleineren kann mit der Hand im Rohrstrange die Verbindung noch im Rohrinneren untersucht werden, was hinsichtlich Verhütung des Eindringens von Dichtungsmaterial in manchen Fällen von Wert ist. Im übrigen sind meist besondere Umstände — die Sprießung der Baugrube und das mehr oder weniger schwierige Hantieren in der letzteren, das Gewicht der Rohrstücke, das Verziehen des Stranges in schwachen Krümmungen u. s. w. — für die Bestimmung der Baulänge maßgebend. Abzweigröhren, Bogen- und Knieröhren, Doppelbogen, Übergangsröhren etc. werden nach Fabriknormalien geliefert; hierüber sind also besondere Erhebungen an der Bezugsquelle unerläßlich, da eine Vereinbarung nicht besteht (vgl. [249], [250]).

Bei Verlegung der Steinzeugröhren (Tonröhren) sollte die geringste Erdüberdeckung über dem Rohrscheitel 1,5 Meter betragen, sofern es sich um Lichtweiten bis zu 150 Millimeter handelt; bei Röhren von 175 bis 250 Millimeter ist dieselbe auf 2 bis 2,5, bei solchen von 270 bis 450 Millimeter auf 3 bis 4 Meter zu bemessen, sofern die Röhren in guten Baugrund zu liegen kommen und Radlasten über die Rohrgräben gehen. Bei Wasserleitungen im weglosen Gelände genügt es, die Röhren in frostfreie Tiefen zu legen. Unbedingt nötig ist, besonders bei schlechtem steinigen Erdreich, daß für das Verlegen der Röhren [259] ein Bett aus Kies oder grobem Sand an der Baugrubensohle geschaffen wird, da andernfalls die Röhren sehr leicht notleiden bezw. zu Grunde gehen. Auch beim Wiedereinfüllen des Bodens ist größte Sorgfalt geboten, damit keine Verletzung des gelegten Stranges eintrete. Über die Prüfung und Festigkeit der Steinzeugröhren (Tonröhren) s. [238], [239], [258], [265], [266], [267], [268], [271].

Als Verbindung kommt heutzutage meistens die Muffenverbindung (vgl. Fig. 71, 72), als Dichtungsmaterial — wie bereits erwähnt — Asphalt in Betracht. Mit Asphaltverguß hergestellte Verbindungen sind wasserundurchlässig, elastisch genug, um bei kleinen Veränderungen der Rohrlage etwas nachzugeben, rasch herstellbar, leicht

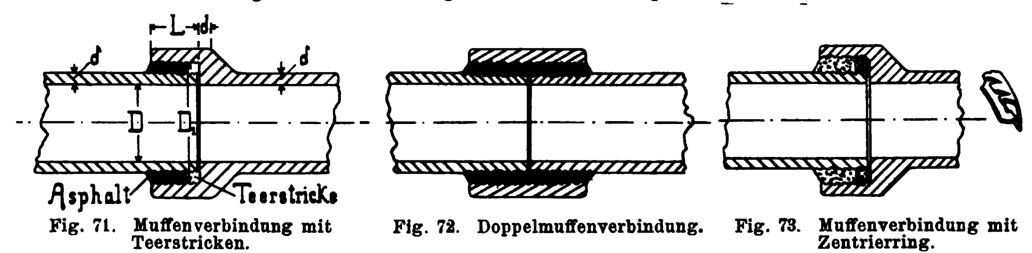


Fig. 71. Muffenverbindung mit Teerstricken. Fig. 72. Doppelmuffenverbindung. Fig. 73. Muffenverbindung mit Zentrierring.

Fig. 71—73. Verbindungen von Ton- und Steinzeugröhren.

wieder auszuschmelzen, und — was besonders bei Wasserleitungen wichtig ist — ein unbedingt sicheres Mittel, um das Einwachsen von Wurzelzöpfen in die Rohrleitung zu verhindern. Näheres über das Verfahren bei Dichtungen, insbesondere die Vorkehrungen zum Eingießen des Asphalts und die Preise für Dichtungen etc. ist in [270] nachzusehen; in den Fig. 71 und 72 sind die zumeist gebräuchlichen Verbindungen mit Asphaltdichtung, in Fig. 73 eine starre Verbindung mit Zement dargestellt. Andere Dichtungsarten s. [241], [269].

Fig. 71 zeigt die gewöhnlich übliche Muffenverbindung von Ton- und Steinzeugröhren. Das glatte Ende wird wie bei gußeisernen Wasserleitungsröhren mit Kordeln oder Teerstricken in der anstoßenden Muffe zentriert und dann mit Asphalt vergossen; in den Rillen von Rohr und Muffe findet der Asphalt Widerstand gegen Gleiten. Fig. 72 ist eine Verbindung zweier glatter Rohrenden mittels übergeschobener Doppelmuffe, die mit Asphalt ausgegossen wird.

Fig. 73 zeigt eine Methode (D. R.-P. Nr. 104 797), nach welcher mittels eines zinkblechernen Zentrierringes, der durch Einbiegen der ausgezackten Ränder über das glatte Rohrende gestreift wird, das Verkordeln umgangen werden kann.

Die Tonrohrleitungen finden nicht nur bei Quellenfassungsanlagen ausgedehnte Verwendung, sondern auch bei Zuleitungen, die ohne erheblichen inneren Betriebsdruck hergestellt werden; sie sind in solchen Fällen durchaus empfehlenswert und im allgemeinen ohne große Schwierigkeiten ausführbar.

Eine besondere Art der Tonrohrleitungen sind die Drainagen, welche im Wasserversorgungswesen vielfach zur Anwendung gelangen; sie werden aus porösen unglasierten Tonröhren, die in handelsüblichen Weiten von 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 20 und 22 Zentimeter und in Baulängen von 30 bis 50 Zentimeter als einfache Hohlzylinder zu haben sind, so hergestellt, daß man die Hohlzylinder stumpf aneinanderstößt und durch Legen derselben in bestimmter Richtung einen Rohrstrang ausbildet. Über die Herstellung vgl. [237], [244], [246], [247]; s. auch die Patentschriften.

Literatur
über Tonröhren (Steinzeugröhren).

[237] Hammonds Drainröhrenpresse. Polyt. Zentralbl. 1871, S. 744. — [238] Herrmann, Über die Art und Weise der Prüfung eines mit Muffen versehenen glasierten Tonrohres hinsichtlich seiner absoluten Festigkeit. Zeitschr. f. Bauw. 1869, S. 572. — [239] Tresca, Expériences faites sur la résistance des tuyaux en grès de la fabrique „Doulton & Cie." London. Ann. du Conservat. impériale des arts et métiers. Bd. 8 (1870), S. 376. — [240] Kaufmann, Tonröhren mit angepreßten Muffen. Bayr. Gewerbebl. 1875, S. 49. — Presse für Muffentonrohre. Zeitschr. d. Ver. d. Ingen. 1875, S. 841. — [241] Fischer, Zweckmäßige Dichtung von Tonröhren. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877, S. 413. — [242] Whifehead, Dampftonröhrenpresse. Prakt. Maschinenkonstrukteur. 1877, S. 276. — [243] Machine américaine pour la fabrication des tuyaux en terre à tulipe ou à emboitement. Annales industr. Bd. 1 (1877), S. 411. — [244] Haupt, On the manifacture and use of terra-cotta drain and sewer pipes. Journ. of the Frankl. Inst. 3. S., Bd. 74 (1877), S. 138. — [245] Über Tonröhren. Deutsche Bauztg. 1878, Nr. 41. — [246] The manufacture of drain-pipes. Scientif. Americ., N. S. Bd. 38 (1878), S. 31. — [247] Broichmann, Drainröhren mit rechtwinkligen Muffen. Prakt. Maschinenkonstrukteur. 1878, S. 56. — [248] Leonhardt, Anwendung von Tonröhren für Druckleitung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1878, S. 337. — [249] Frühauf, Die Mißstände der verschiedenen Röhrenweiten in der deutschen Tonröhrenfabrikation. Tonindustrieztg. Bd. 3 (1879), S. 409. — [250] Einheitliche Röhrenweiten. Ibid., S. 443. — [251] Kesseler, Vorrichtung zur Herstellung weiter Tonröhren auf der gewöhnlichen Drainrohrpresse nebst Abschneidemechanismus. Deutsche Töpfer- u. Zieglerztg. Bd. 10 (1879), S. 159. — [252] Verwendung von Tonröhren zu Druckleitungen. Deutsche Bauztg. 1879, S. 74. — Tonröhren. Baugewerkztg. 1880, S. 264. — [253] Glasierte Tonröhren zu Wasserleitungen. Rombergs Zeitschr. f. prakt. Baukunde. Bd. 41 (1881), S. 279. — [254] Danz, Herstellung von Tonröhren. Deutsche Töpfer- u. Zieglerztg. Bd. 12 (1881), S. 213. — [255] How clay pipes are made. Scientif. Americ. Suppl., 1882, S. 5759. — [256] Verwendung von Tonröhren zu Druckrohrleitungen. Tonindustrieztg. Bd. 8 (1884), S. 153. — [257] Kurt, Über Tonröhrenfabrikation. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1883, S. 431. — [258] Böhme, Untersuchung von Ton- und Steinzeugröhren. Mitteil. a. d. Königl. techn. Versuchsanstalt in Berlin. Bd. 3 (1885), S. 26. — [259] Pose de tuyaux en grès cérame. Semaine de constr. Bd. 12 (1887), S. 114. — [260] Billard, Verwendung der Tonröhren von Prost Frères für lange Druckleitungen. Tonindustrieztg. Bd. 12 (1888), S. 548. — [261] Villard, Tuyaux en grès pour conduites de refoulement. Monit. céram. Bd. 19 (1888), S. 188. — [262] Emploi des tuyaux en grès. Monit. céram. Bd. 19 (1888), S. 208. — [263] How clay pipes are made. Scientif. Americ. Suppl., Bd. 28 (1889), S. 11294. — [264] Wasserleitungen aus Ton- oder Steinzeugröhren. Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 9 (1889), S. 112. — [265] Howe, Festigkeit glasierter Tonrohre. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 34 (1891), S. 687. — [266] Festigkeit glasierter Tonrohre. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 34 (1891), S. 674. — [267] Druckversuche mit glasierten amerikanischen Tonröhren. Engineering. Bd. 2 (1891), S. 601. — [268] Howe, M. A., Festigkeit glasierter Tonrohre und deren Zementmuffendichtungen. Eng. News. Bd. 2 (1892), S. 257. — [269] Erörterung über Verlegen von Tonröhren ohne Muffen mit übergeschobenen Ringen. Deutsche Töpfer- u. Zieglerztg. 1896, S. 259, 286, 315. — [270] Über das Dichten von Steinzeugröhren, insbesondere über die Anwendung der Asphaltdichtung. Deutsche Bauztg. 1897, Nr. 44. — [271] Gary, Vorrichtungen zum Prüfen von Ton- und Zementröhren. Baumaterialienkunde. 1898—99, Heft 1, S. 1; Heft 2, S. 17; Heft 3, S. 33. — [271a] Dichten von Tonröhren für Quellenleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wassersorg. 1901, S. 224. — [271b] Neue Verbindungen von Tonröhren mit Asphalt und Juteband. Gesundheits-Ing. 1905, S. 289.

Deutsche Reichspatente
über Ton(Steinzeug)röhren.

Nr. 2108. Verfahren beim Verlegen von Röhren. Suckow. — Nr. 15 831. Neuerung an Abzweigröhren. Richter. — Nr. 15 993. Muffendichtung für Steingutröhren. Liernur. — Nr. 21 211. Kompensationsdichtung für Tonrohrleitungen. Neukomm. — Nr. 66 571. Werkzeug zum Antreiben von Tonrohrdichtungen. Daehr. — Nr. 104 395. Röhrenverbindung für Erdwasserleitungen. Zündel. — Nr. 104 797. Zentrierring zur Verbindung von mit Zement etc. zu vergießenden Röhren. Humphrey. — Nr. 107 882. Rohrverbindung. Farley.

Askanialithröhren, Glasröhren, Papierröhren.

Für die Wasserversorgung sind diese Röhren von nebensächlicher Bedeutung, wir wollen sie aber immerhin erwähnen. Speziell die Askanialithröhren wurden nach [272] für eine über 5000 Meter lange Druckleitung in Kummhennersdorf bei Frei-

berg i. S. verwendet bei mehr als 2 Atmosphären Betriebsdruck. Auch Glasröhren [273], [274], [275] sind für Wasserleitungen in Betracht gekommen; ganz selten kommen Papierröhren [276], [277] in Verwendung.

Literatur
über Askanialithröhren.

[272] H. Jannaschs Askanialithröhren. Deutsche Industrieztg. 1869, S. 308.

Literatur
über Glasröhren.

[273] Appert, Tuyaux de conduite en verre. Monit. céram. Bd. 21 (1890), S. 62. — [274] Glass water pipes. Invention. Bd. 6 (1884), S. 53. — [275] Glasröhren mit Asphaltmörtel. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 32 (1889), S. 1004. — [275a] Gläserne Leitungsröhren, Water and Gas Review, März 1899. — [275b] Wasserleitungsröhren aus Porzellan. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung 1904, S. 327.

Literatur
über Papierröhren.

[276] Gas- u. Wasserleitungsröhren aus Papier. Dingl. polyt. Journ. Bd. 204 (1872), S. 342. — [277] Wasserleitungen aus Papier. Metallarbeiter. Bd. 6 (1886), S. 46.

Holzröhren.

In früheren Zeiten wurden die Zuleitungen zu einzelnen ständig laufenden Brunnen auch bei uns fast ausschließlich in Holzröhren (sogenannten Deicheln) hergestellt; heutzutage ist das nur noch ganz ausnahmsweise auf Landorten gebräuchlich und auch dort im Verschwinden begriffen, sowohl wegen der Vergänglichkeit des Baumaterials als auch wegen der — unten angegebenen — hygienischen Gefahren. Man beschränkt sich heute darauf, Rohrleitungen aus Holz für den Transport von warmem Wasser zu verwenden, und sie leisten dabei auch sehr gute Dienste, weil eine Inkrustation der Röhren nicht stattfindet und geringe Wärmeverluste in den hölzernen Rohrwandungen

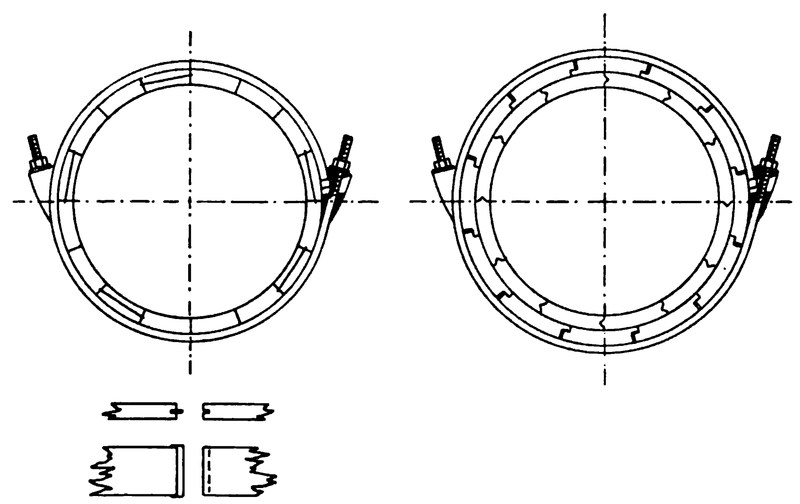


Fig. 74. Holzrohr mit einfachen Dauben. Fig. 75. Holzrohr mit doppelten Dauben.

entstehen. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika dagegen werden — hauptsächlich der Billigkeit des Baumaterials wegen — Holzleitungen in großem Umfange für Wasserzuführungen benutzt; meistens werden sie dort so angeordnet, daß während des Betriebes nur geringe oder gar keine Pressungen im Rohre entstehen können.

Um die letzteren zu vermeiden, werden dort in Holzröhren unglaubliche Gefällshöhen — von mehreren hundert Metern — für den Transport großer Wassermengen nutzbar gemacht, indem die Niveaudifferenz zwischen Oberwasserspiegel (Quelle, See oder Fluß) und Unterwasserspiegel

(Reservoir oder Betriebsoberkanal) ausschließlich in Geschwindigkeitshöhe umgewandelt wird. Das Wasser rast mit einer Geschwindigkeit, welche die bei uns in eisernen Röhren vorkommenden Maximalgeschwindigkeiten weit übersteigt, dahin, muß aber frei von Sand sein, weil die Rohre sonst bald durchgescheuert würden. Liegt in solchen Fällen die Linie der disponiblen Druckhöhe (vgl. Abt. I, S. 95) tiefer als die Rohrachse, so sinkt die Pressung im Rohre unter die atmosphärische herab. Augenzeugen berichten von ausgeführten großartigen Holzrohrleitungen zum Betriebe von Goldwäschereien in Kalifornien, daß die Rohre überall Luft einziehen, solange das Wasser

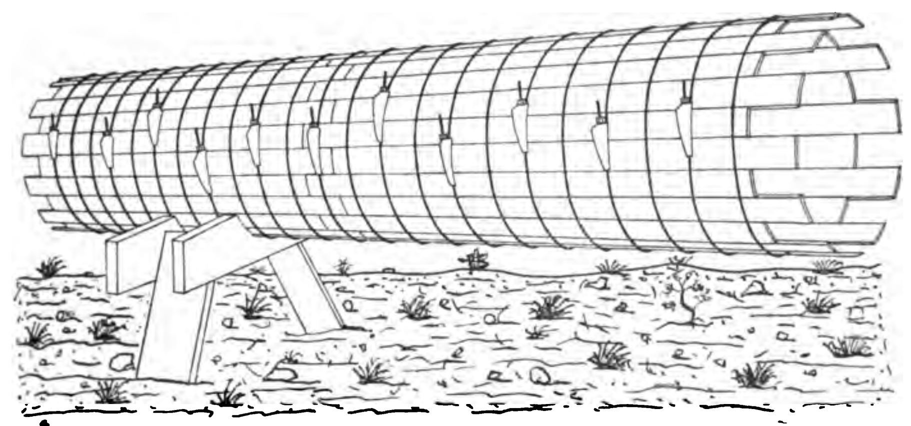


Fig. 76. Amerikanische Herstellungsweise von Holzröhren.

in ihnen läuft. Wird die Leitung am unteren Ende einmal abgestellt, so spritzt das Wasser zu allen Fugen heraus. Diese Zustände können in dem wasserreichen Amerika bestehen; für unsere Verhältnisse passen sie nicht.

Die Fig. 74, 75, u. 76 stellen Holzröhren, wie sie in Amerika aus Faßgebinden hergestellt werden, dar.

Fig. 74 ist der Querschnitt eines Holzrohres, dessen Dauben einfach stumpf aufeinander gepaßt sind und am Umfang mit diametral versetzten Spannschlössern, in denen schmiedeiserne Schrauben eingeführt sind, zusammengezogen werden. In der Längsrichtung sind die Dauben mit eisernen Federn in Nuten gegeneinander versetzt.

Fig. 75 ist der Querschnitt eines Holzrohres mit doppelten Dauben; der innere Daubenring hat winkelig gefalzte, der äußere Ring gespundete Dauben; beide Ringe werden wie in der vorhergehenden Figur durch Spannschlösser zusammengezogen. Ein solches Rohr vermag immerhin mäßige Pressungen auszuhalten. Fig. 76 stellt die Längenansicht eines nach Fig. 74 erstellten Holzrohres während der Anfertigung dar. Zu den Dauben wird am besten Kiefern- oder Föhren-

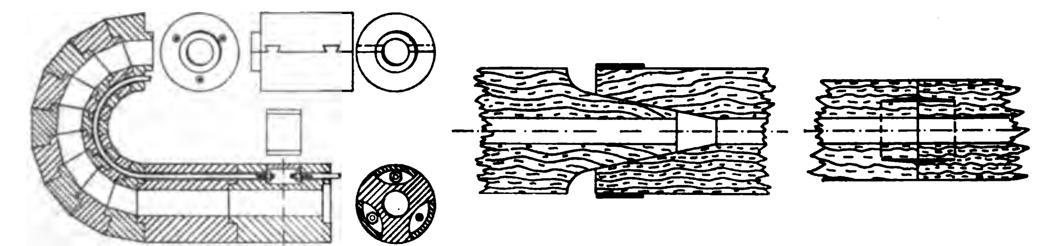


Fig. 77. Holzrohr, Patent Kemp.

Fig. 78. Holzröhrenverbindung mit Einschnäuzung.

Fig. 79. Holzröhrenverbindung mit Rohrbüchse.

holz verwendet. Zufolge neueren Berichten aus Amerika werden jetzt die Holzleitungen dort auch unter Druck betrieben. So werden z. B. nach Eng. Rec. vom 15. Juli 1905 aus zwei Talsperren von 132000 und 246000 Kubikmeter Inhalt die städtischen Wasserwerke von Raton N. M. und ein Behälter der Atchison, Topeka and Santa Fé-Eisenbahn durch eine rund 10 Kilometer lange Holzleitung von 305 Millimeter Lichtweite gespeist, in der ein Druck von 9 Atmosphären aufrechterhalten wird.

Um Krümmungen mit Holzröhren legen zu können, hat Kamp in seinem Patent Nr. 123433 nach Fig. 77 eine Methode angegeben, wonach sowohl die segmentförmigen Bogenstücke wie auch kurze gerade Stücke mit je 3 eingezogenen, aus weichem Eisendraht bestehenden Schrauben

zusammengehalten und, da sie ineinander mit Ringnut und Zapfen stecken, auch dicht verlegt werden können. Die einzelnen Stücke können auch aus 2 Teilen hergestellt werden, wie die Figur oben rechts zeigt.

Die eingangs erwähnten, bei uns für Landorte besonders in Gebirgsgegenden noch häufig vorhandenen Holzrohrleitungen bestehen aus durchgebohrten Baumstämmen; die Lichtweite der Leitung ist in der Regel eine kleine (40 bis 60 Millimeter), und die Druckverluste sind bei der raschen Bewegung des Wassers meist sehr groß.

Nach Fig. 78 werden die Baumstämme je an einem Ende konisch zugespitzt und ebenso am anderen Ende erweitert, beide Enden ineinander gesteckt (eingeschnäuzt) und dann das Rohr eingeschlagen, welches den konischen Zapfen trägt. Zur Vermeidung des Aufspringens am Lochende wird der Stamm dort mit einem eisernen, manchmal warm aufgezogenen Ring versehen. Nach Fig. 79 wird in das eine Holzrohr eine scharf zugefeilte eiserne, bisweilen verzinkte Rohrbüchse eingeschlagen, in dem anderen Rohr der Büchsenkreis vorgestemmt und bei geradliniger Verlegung das zweite Rohr auf die Rohrbüchse geschoben und mit Schlägen zusammengetrieben. Beim Auswechseln schadhaft gewordener und Neueinsetzen frischer Holzröhren wird an einem Ende das schadhafte Rohr mit der Axt in die Höhe gehoben, wobei sich die Büchse lockert, indem sich das Rohr hebelartig um die Verbindung des anderen Endes bewegen läßt. Selbstverständlich wird auch das dem erst aufgehobenen Ende benachbarte Rohr mit in die Höhe gehoben, oft auch noch das zweite. Bei genügender Erhebung bis Mannshöhe läßt sich dann das schadhafte Rohr aus dem Strang nehmen und das neue wird auf dieselbe Art, nur in umgekehrter Reihenfolge, eingefügt. Kiefern- oder Föhrenholz eignet sich am besten für Deichelröhren, nur im Notfalle wird Tannenholz verwendet.

Derartige Deichellagen trifft man in Gebirgsgegenden häufig auf der Erde liegend; Bögen werden in einfacher Weise dadurch hergestellt, daß ein kurzes Rohrstück an beiden Enden auf

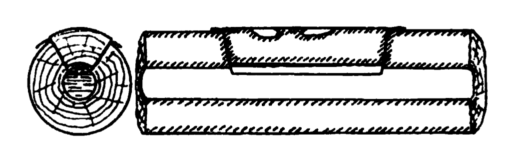




Fig. 80. Putzloch in Holzröhren.

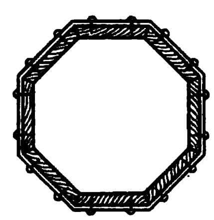


Fig. 81. Holzröhren für heißes Stollenwasser im Simplontunnel.

den betreffenden Winkel zugeschnitten und mit den anstoßenden Röhren, die die gleiche Kehrung erhalten, auf die in Fig. 79 angegebene Art verbunden wird. Diese Ecken werden mittels in den Boden getriebenen Pflöcken abgestützt, nicht etwa um den hydraulischen Druck aufzunehmen, wohl aber um das mit wuchtigen Schlägen verbundene Verlegen der anschließenden Strecken zu ermöglichen. Von einem Druck in diesen Holzrohrfahrten ist überhaupt keine Rede, wie man sich durch die meist vor solchen Ecken angebrachten Putzlöcher leicht überzeugen kann, die dazu dienen, etwa eingedrungenes Laub u. dgl., das sich vor dem Bogen am ehesten stauen könnte, mit Stangen oder Haken aus dem Rohr herauszuziehen oder oft genug auch einfach nur weiterzustoßen. Öffnet man einen derartigen Putzdeckel (Fig. 80), der aus demselben Rohr herausgeschnitten und nur mit Lappen daraufgedichtet ist, so sieht man das Wasser in der ganz angefüllten Röhre mit großer Geschwindigkeit vorübereilen, ohne daß ein Tropfen zum Rohr herausspritzt, während doch die Fassungsstelle oft Hunderte von Metern höher oben im Gebirge liegt und die Leitung erst tief unten im Tal an irgend einem Ortsbrunnen endigt. Legt man den Putzdeckel mit seinem Lappen wieder auf die Öffnung, so hört man ganz deutlich das Einziehen von Luft, ein hygienisch beachtenswertes Warnungszeichen, da diese Holzröhren mitunter im Boden an Wohnungsstätten vorüberführen und die dort infiltrierten Abgänge von Dünger etc. einsaugen können. Indessen sind, wie eingangs erwähnt, derartige Anlagen glücklicherweise auch auf dem Lande im Verschwinden begriffen.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung sind auch heutzutage noch die Holzleitungen für den Transport von warmem Wasser, sowohl für bleibende Anlagen (z. B. für Zuleitung der warmen Quellen von Pfäfers nach Ragaz) als auch für provisorische Wasserabführungen (z. B. bei Tunnelbauten etc.).

Gelegentlich des Baues am Simplontunnel mußten nach einem Bericht Möllers (s. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1904, S. 1640) 150 Sekundenliter 48 Grad C. heißes Wasser, das plötzlich eingebrochen war, aus dem Innern des Tunnels 1 Kilometer weit nach dem Ausgang geschafft werden. Dies geschah in hölzernen 400 Millimeter weiten Röhren (Fig. 81), die achteckig mit 200 Millimeter Kantenlänge aus 4 Zentimeter dicken Brettern erstellt und mit eisernen Reifen zusammengebunden wurden. Die Anwendung von Holz hatte den Vorteil, daß die Rohrleitung nicht gegen Wärme isoliert zu werden brauchte, welche im Tunnelinneren das Arbeiten sehr erschwert hätte. Ferner war die Holzleitung viel rascher und mit geringeren Kosten als eine eiserne Leitung beschafft; auch war es leichter, andere Zuleitungen in die hölzerne Leitung einzuführen, eine Sache von großer Bedeutung, da die Leitung niemals abgestellt und entleert werden konnte. Anfänglich war die Holzleitung nicht dicht; die Undichtigkeiten konnten aber bald und mit verhältnismäßig geringer Mühe ganz beseitigt werden. Weitere Beispiele finden sich zahlreich in der Literatur.

Literatur über Holzröhren. [278] Ein Wasserleitungsrohr aus Holz. Hannöv. Bauztg. 1878, S. 269. — [279] Wooden water pipes. The Manufacturer and Builder. Bd. 18 (1886), S. 4. — [280] Hölzerne Wasserleitungsröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1888, S. 548. — [281] Hölzerne Wasserleitungsrohre. Bayr. Industrie- u. Gewerbebl. Bd. 20 (1888), S. 386. — [282] Hölzerne Wasserleitungsröhren. Engin. and Building rec. 1888, S. 196. — [283] Wasserversorg. von Denver. Engin. News. 1888—II, S. 222. — [284] Röhren aus Holzfaser. Metallarbeiter. Bd. 14 (1888), S. 745. — [285] Leonhardt, Röhren aus Holzfaser. Gesundh.-Ingen. Bd. 12 (1889), S. 273. — [286] Hölzerne Wasserleitungen. Engin. News. 1891—II, S. 389 u. 557. — [287] Hölzerne Wasserleitungsröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 11. — [288] Hetling, Hölzerne Wasserleitungsröhren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1892, S. 995. — [289] Holzröhren. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 1898, S. 676. — [290] Les tuyaux en bois américains. Bull. d'Encourag. 1899, S. 319. — [291] Wooden water supply piping. Enging. July 1900, S. 79. — [292] Hölzernes Rohr von 2,75 m Lichtweite. Engin. News. Oktober 1900, S. 235. — [293] Wood-stave pipe for force mains. Eng. Rec. November 1900, S. 495. — [294] The flow of water in wood pipes. Proc. Am. Soc. Civ. Ing. Ang. 1902, S. 480. — [295] The flow of water in wood pipes. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 1902, S. 747. — [295a] Holzröhren bei den neuen Wasserwerksbauten der Stadt Butte (Montana). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 440. — [295b] Wasserleitung 1050 mm Durchmesser, 30 km lang, aus Holz. ebenda, 1904, S. 1032.

Verbindungen für gußeiserne Röhren.

Es hat lange gedauert, bis die Rohrnormalien für gußeiserne Röhren vereinbart waren; ihre Einführung bedeutet einen großen Fortschritt, da früher die Meinungen — besonders über die Wandstärken der Röhren — sehr weit auseinandergingen. Einen geschichtlichen Überblick bezüglich der älteren Rohrdimensionen, Berechnungsformeln etc. liefert [142]. Inzwischen haben auch die Ingenieure anderer Länder, wie z. B. der Vereinigten Staaten von Nordamerika, von Rußland etc., Rohrnormalien aufgestellt (in Österreich gelten die deutschen Normalien). Wir verweisen auf die sub [142] bis [152] angeführte Literatur; bezüglich italienischer und französischer Normalien auf die Werke von Spataro (Igiene delle Abitazioni, Milano 1892) und von Bechmann (Distribution d'eau, 2. Aufl., Paris 1899). Diese Rohrnormalien können indessen nur für Material, das unter — wie schon der Name sagt — normalen Verhältnissen für die Wasserversorgung geeignet ist, gültig sein, das dann selbstverständlich umso billiger hergestellt werden kann, je größer die erzeugte Menge ist und je weniger Änderungen an Modellen etc. bei dieser Erzeugung notwendig werden. Für höhere Pressungen, für Rohrverlegungen, bei welchen der Bleiverguß wegen Wasserzudrang unmöglich ist, sowie unter sonstigen ungewöhnlichen Verhältnissen weichen die Wandstärken und Verbindungsweisen der Röhren von den Normalien ab, und es ist von Interesse, eine Anzahl dieser Abweichungen kennen zu lernen. Indem wir bezüglich der Verbindungsweisen im allgemeinen auf die am Schlusse des § 53 angeführte Literatur und die Deutschen Reichspatente verweisen, mögen folgende besondere Verbindungsweisen angeführt werden.

a) **Muffenverbindungen.** Bei den normalen Muffenröhren (Fig. 82) ist die Muffe rein zylindrisch; der Bleiverguß kann mithin, sofern die hinter ihm wirksame Pressung den Reibungswiderstand

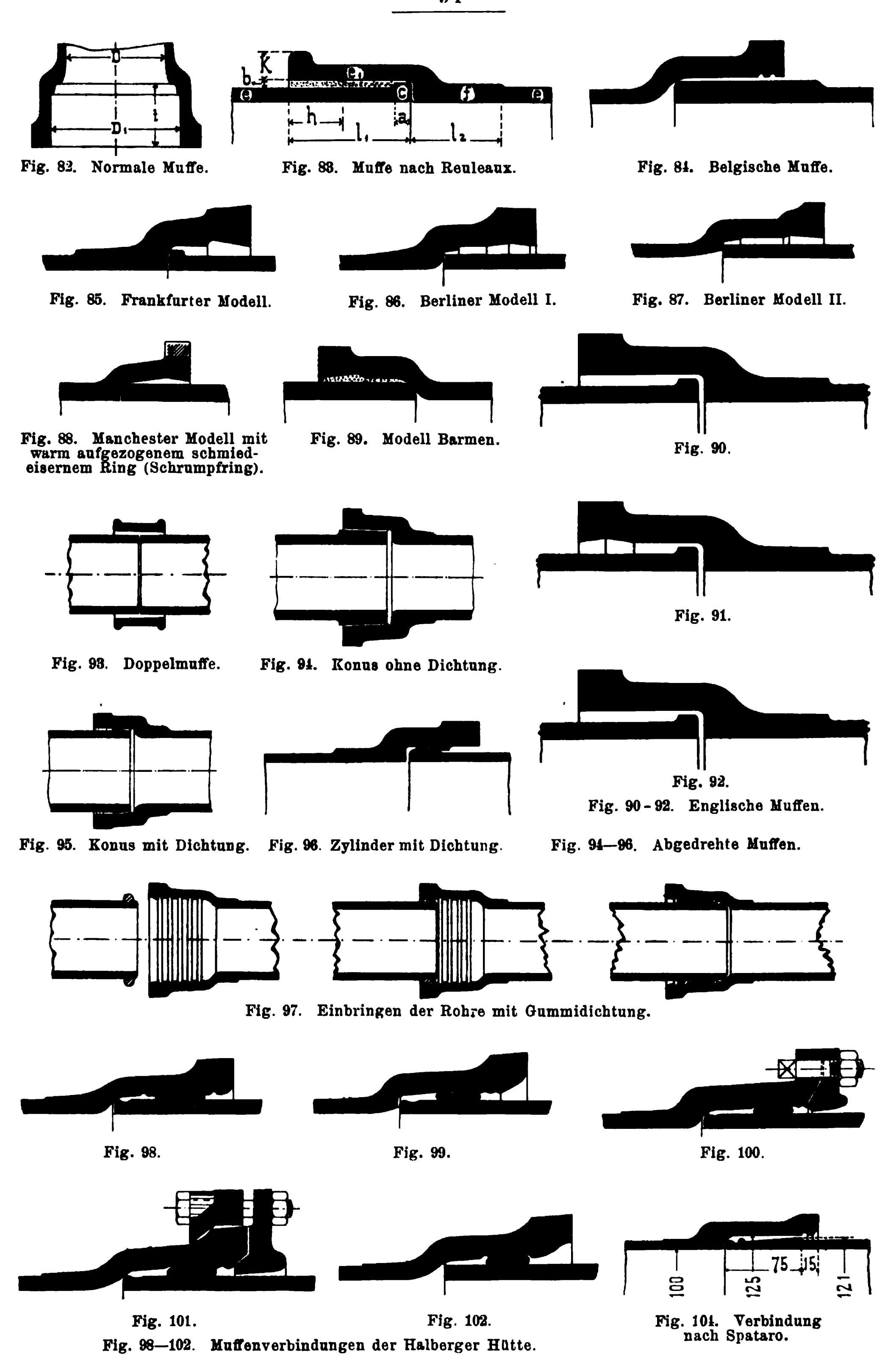


Fig. 82. Normale Muffe. Fig. 83. Muffe nach Reuleaux. Fig. 84. Belgische Muffe.

Fig. 85. Frankfurter Modell. Fig. 86. Berliner Modell I. Fig. 87. Berliner Modell II.

Fig. 88. Manchester Modell mit warm aufgezogenem schmiedeeisernem Ring (Schrumpfring). Fig. 89. Modell Barmen. Fig. 90.

Fig. 93. Doppelmuffe. Fig. 94. Konus ohne Dichtung. Fig. 91.

Fig. 95. Konus mit Dichtung. Fig. 96. Zylinder mit Dichtung. Fig. 92.

Fig. 90-92. Englische Muffen.

Fig. 94—96. Abgedrehte Muffen.

Fig. 97. Einbringen der Rohre mit Gummidichtung.

Fig. 98. Fig. 99. Fig. 100.

Fig. 101. Fig. 102.

Fig. 98—102. Muffenverbindungen der Halberger Hütte.

Fig. 104. Verbindung nach Spataro.

Fig. 82—104. Verbindungen von Muffenrohren.

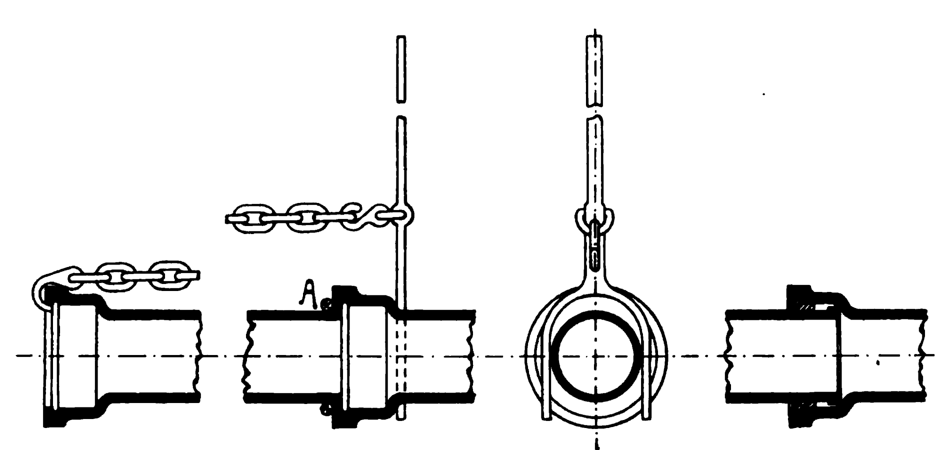


Fig. 103. Muffenrohrverbindung, System Somzée.

dieses Vergusses an der Muffe bezw. dem Zopfende der Röhre überwindet, hinausgeschoben werden (rutschen). Dies findet ganz besonders leicht statt, wenn die Tiefe des Bleivergusses h (Fig. 83) eine ungleiche ist oder überhaupt nicht genügt. Drückt man die Lichtweiten D des Rohres und D_1 der Muffe in Zentimetern aus, die spezifische Wasserpressung im Rohr in metrischen Atmosphären, so ist der Druck P hinter dem Bleiring in Kilogrammen:

$$P = \frac{p\pi}{4}[D_1^2 - (D + 2\delta)^2].$$

Ist sodann c der spezifische Reibungswiderstand, den der Bleiring pro Einheit (Quadratzentimeter) seiner Berührungsfläche leistet, so ist der Widerstand gegen Verschieben:

$$W = c\pi h\,(D_1 + D + 2\delta).$$

Nachdem $D_1 - D - 2\delta = 2 \,.\, b$ ist, unter b die Stärke der Dichtungsfuge verstanden, ergibt sich hieraus die notwendige Tiefe des Bleivergusses mit $P = W$:

$$h = \frac{pb}{2\,.\,c}.$$

Man ersieht, daß im Interesse geringen Bleiverbrauches ein möglichst kleines b anzustreben wäre und daß bei gleicher Pressung p, sofern b nicht mit der Lichtweite des Rohres wächst, die Werte von h für alle Lichtweiten gleich bleiben würden. Nach der Tabelle wächst aber b mit den Lichtweiten und dementsprechend auch die Muffentiefe. Ohne weiteres ist indessen klar, daß bei wachsendem p, d. h. bei größeren als den normalen Pressungen ebenfalls h größer werden müßte, d. h., daß es bei abnormalen Pressungen nicht genügt, die Rohrwandstärken größer zu nehmen, sondern daß auch die Muffentiefe bezw. der Bleiverguß zu vergrößern ist.

Für die Wahl der Größe b sind rein praktische Rücksichten entscheidend; im Interesse der Kostenersparnis wäre der Wert so klein als möglich anzunehmen. Anderseits müßte man, um h mit wachsendem p vergrößern zu können, eine größere Muffentiefe einführen. Reuleaux hat (Konstrukteur 1892) folgende Dimensionierung empfohlen (vgl. Fig. 83), alle Maße in Millimeter:

$$b = 5 + 0{,}007\,.\,D; \qquad h = 28 + 0{,}007\,.\,D; \qquad l_1 = 67 + 0{,}11\,.\,D.$$

Demnach würden die Werte von b bei allen Lichtweiten kleiner, h und l_1 dagegen größer als nach den Normalien, was sicher empfehlenswert ist. Für die übrigen Abmessungen gelten nach Reuleaux (vgl. Fig. 83):

$$e_1 = 10 + 0{,}0135\,.\,D; \qquad a = 1{,}2\,.\,e; \qquad c = e + b - 2; \qquad k = 18 + 0{,}0025\,.\,D;$$
$$l_2 = 49 + 0{,}09\,.\,D; \quad e \text{ ist die normale Wandstärke des Rohres.}$$

Reuleaux behält, gegenüber den Normalien, auch den in Frankreich und anderen Orten heute noch üblichen Verstärkungsring (c, a) an dem Zopfende des Rohres bei. Belgische Konstrukteure gehen in Bezug auf diese Verstärkung noch weiter, indem sie (vgl. Fig. 84) dem Ringe eine große Längenausdehnung geben. Für beide Maßregeln lassen sich natürlich verschiedene Gründe aufführen: insbesondere der, daß beim Transport und beim Verstemmen das Zopfende stärker beansprucht wird, bezw. daß ein nur mit der normalen Wandstärke in die Muffe eingeschobenes am Zopfende abgedrehtes Rohr in beiden Fällen notleidet. Dagegen spricht jedoch der Umstand, daß bei der unvollkommenen Rundung die mit Verstärkungen genannter Art versehenen Zopfenden erfahrungsgemäß sehr häufig nicht in die Muffen passen; man ist vielfach gezwungen, den Wulst abzumeißeln. Auch ist zu beachten, daß Rohrabschnitte doch ohne die Verstärkungen ein-

gefügt werden müssen, das Prinzip also in der Praxis durchbrochen wird etc. Wir glauben deshalb den deutschen Normalien in dieser Richtung den Vorzug einräumen zu sollen.

Nachdem im allgemeinen bei größeren Pressungen — wie oben erwähnt und begründet — eine größere Muffentiefe wünschenswert wäre, anderseits aber unter einer solchen die Beweglichkeit der Verbindung erschwert wird, sind gegen das Heraustreiben des zylindrischen Bleidichtungsringes die in den Fig. 85 bis 89 dargestellten Muffenkonstruktionen angewendet worden, die sich gut bewähren. In diesen Fällen wird der Bleiring durch die konische Form in der Muffe festgehalten bezw. beim Heraustreiben auf Abscheren beansprucht, leistet also bei geringerer Tiefe des Vergusses einen relativ großen Widerstand. Bei dem Manchestermodell (Fig. 88) erhält die Muffe überdies durch den Schrumpfring eine angemessene Verstärkung.

In den Fig. 90, 91 und 92 sind die in England üblichen Muffenverbindungen (D. Y. Stewart & Co., St. Rollox, Glasgow) dargestellt, welche wie jene in Frankreich (Fig. 92) einen Wulst am Zopfende nachweisen; Fig. 91 zeigt Ähnlichkeit mit dem Frankfurter Modell. Fig. 92 hat für den Bleiverguß einen Hohlring, der das Abschieben des Bleivergusses hindern soll. Diese Muffenform wurde u. a. für die Hochquellenleitung der Stadt Wien gewählt mit Lichtweiten von 55 bis 950 Millimeter.

Eine besondere Schieberingverbindung (Fig. 93) ist in Paris für Rohrleitungen üblich, die in Kanälen verlegt werden (hergestellt in Pont à Mousson). Die einzelnen Rohrstücke sind zylindrisch mit abgedrehten Enden, die stumpf — mit einem Zwischenraum von einigen Millimetern zur Ermöglichung von Dehnungen — aneinandergestoßen werden. Nachdem dieser Zwischenraum mit Lehm verstrichen ist, wird der innen schwach konische Schiebering von 8 bis 10 Zentimeter Länge übergezogen und zwischen Lehmwulsten durch Bleiverguß die Dichtung zwischen Rohr und Ring hergestellt. Der Vorteil dieser Verbindung soll nach Bechmann darin bestehen, daß der Schiebering infolge seines schwach kegelförmigen Innenmantels sich leicht zurückschieben läßt, was eine leichte Lösung der Verbindung ohne Bruch ermöglicht. Für in Gräben verlegte Rohrleitungen empfiehlt sich die Verbindung nicht, weil sie den Erdbewegungen nicht genügend nachgibt.

Die seither beschriebenen Rohrverbindungen mit Bleiverguß gestatten ohne Ausnahme den Röhren eine leichte Beweglichkeit, so daß sie Längenausdehnungen bezw. kleinen Erdbewegungen zu folgen vermögen. Weniger geeignet hierfür, aber sehr leicht zu dichten sind die Verbindungen mit abgedrehten Zopfenden, die genau in abgedrehte Muffen passen (Fig. 94, 95 u. 96). Diese Verbindungen sind starr, aber einfach und leicht herstellbar und eignen sich überall dort, wo die Rohrleitungen auf vollständig unnachgiebiger Unterlage aufruhen; auch ist nicht — wie bei allen Verbindungen mit Bleiverguß — absolute Trockenheit der Baugrube erforderlich.

In nassen Rohrgräben werden vielfach Muffenröhren verwendet, die mit Hilfe von Kautschukringen ihre Abdichtung an den Verbindungen erhalten. Wir erwähnen hier in erster Linie die von der Halberger Hütte hergestellten Röhren dieser Art, bei welchen in der Muffe mehrere Rillen vorhanden sind, in welche sich der eingepreßte Kautschukring einlegt (Fig. 97). In der Figur ist der Vorgang beim Einschieben verdeutlicht: das Zusammenschieben der Röhren erfolgt mit einem Hebeisen (Brechstange), welches am freien Rohrende durch einen Arbeiter als einarmiger Hebel gegen die bereits verlegte Rohrleitung betätigt wird. In den Fig. 98 bis 102 sind die verschiedenen Konstruktionstypen, nach welchen die Halberger Hütte die Verbindungen herstellt, angegeben. Die etwas teureren, den Figuren 100 und 101 entsprechenden Konstruktionen sind zum Zwecke des Festhaltens vom Kautschukring dienlich.

Eine ähnliche Rohrverbindung ist das sogenannte System Somzée, nach welchem die Hütte von Pont à Mousson arbeitet. In Fig. 103 haben wir das Verfahren bei Herstellung der Verbindung gekennzeichnet. Um die Rohre ineinander zu schieben, bedient man sich einer Rohrgabel mit Zugkette. Eine ähnliche Verbindung, bei welcher die Muffe und das Zopfende einen konisch gestalteten Hohlraum einschließen, zeigt Fig. 104 (nach Spataro).

Alle diese Verbindungen sind bei der Rohrlegung sehr bequem und halten auch anfangs gut dicht. Ob und wie lange indessen diese Dichtigkeit anhält, steht bei der verhältnismäßig kurzen Dauerhaftigkeit der Gummiringe in Frage*). Man hat deshalb z. B. in Florenz (Spataro, Bd. 2, S. 167) statt der Gummiringe auch Bleidrähte verwendet. Zweifellos ist die Fähigkeit dieser Verbindungen, leichten Bodensenkungen zu folgen und die infolge von Temperaturänderungen sich vollziehenden Längsbewegungen zu gestatten (vgl. auch Dichtungen für Flanschen und Muffen).

b) **Flanschverbindungen.** Röhren mit angegossenen Flanschen werden in neuerer Zeit nicht mehr wie früher allgemein, sondern nur noch in besonderen Fällen — bei vertikalen oder stark

*) Die Broschüre von Budde u. Goehde, Berlin 1885, „Die Dichtung gußeiserner Muffenröhren mit Hilfe von Kautschukringen," schreibt den Kautschukringen eine sehr große Dauerhaftigkeit zu.

geneigten Rohrleitungen, oder dort, wo es sich um häufigeres Lösen und Wiederherstellen der Verbindungen handelt, oder bei Pressungen, welchen die Muffenverbindungen nicht mehr zu widerstehen vermögen etc. — angewendet. Flanschröhren aus Gußeisen sind erheblich teurer als Muffenröhren. Die Dichtung erfolgt mit Bleiringen, Kautschukringen, Kupferringen etc., welche entweder zwischen die Arbeitsleisten *b* (Fig. 105) oder in besonders ausgedrehte Nuten gelegt und hier durch Anziehen der Schraubenmutter an den durch die Flanschenlöcher gezogenen Schraubenbolzen festgepreßt werden (vgl. Dichtungen für Flanschen und Muffen).

Bei den normalen Flanschröhren ist die Arbeitsleiste *b* (Fig. 105), deren Höhe in den Tabellen S. 26 mit *h* bezeichnet wurde, roh, gehobelt oder abgedreht, und die Löcher der Rohrflanschen sind so auf dem Umfange verteilt, daß eine durch die Rohrachse gehende Vertikale die Entfernung zwischen zwei Schraubenlöchern vom Durchmesser s' halbiert. Die Schraubenbolzen und Muttern sind in der Regel aus Schmiedeisen oder Stahl; nur ausnahmsweise, bei oft zu lösenden Verbindungen, dann aber mit vollem Recht, werden die Muttern aus Bronze hergestellt. Bei Flanschrohrleitungen, welche in den Boden gelegt werden, findet das Rosten der Schraubenbolzen und Muttern viel rascher statt, als das Rosten des gußeisernen Rohres; derartige Leitungen werden infolgedessen häufig durch Undichtigkeiten an den Verbindungen unbrauchbar, während an sich die Röhren noch auf eine lange Reihe von Jahren hinaus Dienste geleistet hätten.

Für hohen Druck (Betriebspressungen von über 10 Atmosphären) muß man — besonders bei großen Lichtweiten — auf Muffenröhren verzichten; man ist dann auf Flanschrohre verwiesen. Wir geben in Fig. 106 die bei der Wasserleitung in Genua angewandte Flanschenverbindung wieder; ferner die schon bei einer Reihe von Ausführungen bewährten Verbindungen (Fig. 107 u. 108) von Hoppe (Halberger Hütte).

Fig. 106 zeigt eine auf ihrer ganzen Fläche aufeinander sitzende Flanschenverbindung; die Dichtung liegt in einer eingedrehten prismatischen Nut und wird durch den eingepaßten Zapfenteil der Gegenflansche mittels der Schrauben so weit zusammengepreßt, bis die Flanschenflächen aufeinander festsitzen. Dadurch wird verhütet, daß die Flanschenringe an ihrer Wurzel auf Biegung beansprucht bleiben. Das gleiche wird bei Fig. 107 erreicht, indem hier nur die beiden äußersten Leisten der ovalen Flanschen aufeinander gepreßt sind. Bei Fig. 108 ist die Dichtung in dem konkaven Flanschenteil schwalbenschwanzförmig eingelegt und es gestattet diese Anordnung eine gewisse Beweglichkeit des zusammengefügten Rohrstranges bei Terrainsenkungen oder bei Bögen mit großem Radius. Damit die Schrauben den Verschiebungen quer zur Rohrachse folgen können, sind die Schraubenlöcher in der konvexen Gegenflansche erweitert.

c) **Gemischte Verbindungen.** Die reinen unter a und b abgehandelten Muffenverbindungen und Flanschenverbindungen werden manchmal kombiniert; auch sind eine Reihe besonderer Verbindungen für die Zusammensetzung von Rohrabschnitten, für die Dichtung von Rissen etc. erforderlich, ebenso solche, bei welchen es sich um den Übergang verschiedener Rohrmaterialien ineinander handelt. Die hierbei üblichen Konstruktionen sollen im folgenden besprochen werden.

Fig. 109 zeigt eine Verbindung von Zement- und Tonröhren mit gußeisernen Röhren. Das Zementrohr wird mit dem glatten gußeisernen F-Ansatzstück durch eine weite Doppelmuffe verbunden, die mit Zementmörtel dicht ausgestrichen ist, während das dünnere Tonrohr in den Muffenbecher des gußeisernen E-Ansatzstückes mit Zementmörtel oder Asphalt eingedichtet wird. — Aus Fig. 110 ist die Verbindung Neyer für Blei- oder Schmiedeisenröhren zu ersehen. Die beiden aufgestauchten Rohrenden haben konische Ansätze, über welche sich eine konisch ausgedrehte Flansche ziehen läßt, die mit Schrauben an der Gegenflansche festgehalten wird. Die Gegenflansche stützt sich dabei an dem größeren der beiden Ansätze. Die Dichtung liegt zwischen den beiden Stirnen der Ansätze und ist am Herauspressen durch die konisch übergeschobene Flansche gehindert. — Fig. 111 stellt die ältere Verbindung, System Lavril, mit einer beweglichen Flansche dar. Das Schwanzende ist mittels Zentrierring in die Muffe passend eingeführt und wird mit einer Art Stopfbüchse und Gummiliderung in der Muffe gedichtet. Wie alle mit Schrauben zusammengehaltenen Verbindungen hat sie den Vorteil bequemen Verlegens der Rohre, allein auch den Nachteil, daß die Schrauben, wenn sie nicht aus Bronze sind, rosten. Bronzene Muttern auf eisernen Schraubenbolzen verschlimmern noch das Übel wegen der in feuchtem Erdreich auftretenden galvanischen (elektrolytischen) Zersetzungserscheinungen (Zink- u. Eisenelement). — Fig. 112 zeigt die Muffenverbindung Somerville [337]. Die beiden Rohrenden stecken konisch ineinander, das Schwanzende hat eine dreieckige Wulst, die in einer ebensolchen Nut der Muffe mit Bleieinguß gedichtet wird. Das Blei wird durch ein Loch am oberen Umfang der Muffe eingegossen. Diese Verbindung ist nicht nachgiebig gegen Terrainsetzungen, dagegen einfach zu vergießen. und das Blei ist gegen Herausschieben gesichert. — Fig. 113. Rohrverbindung Rust [328] besteht aus einer zweiteiligen, mit Schrauben zusammengehaltenen Doppelmuffe, welche die beiden Rohrenden übergreift; letztere tragen wulstförmige Ansätze, die das Abstreifen des Bleieingusses verhindern sollen. — Fig. 114 zeigt eine Rohrverbindung der National Tube Works Comp. Boston

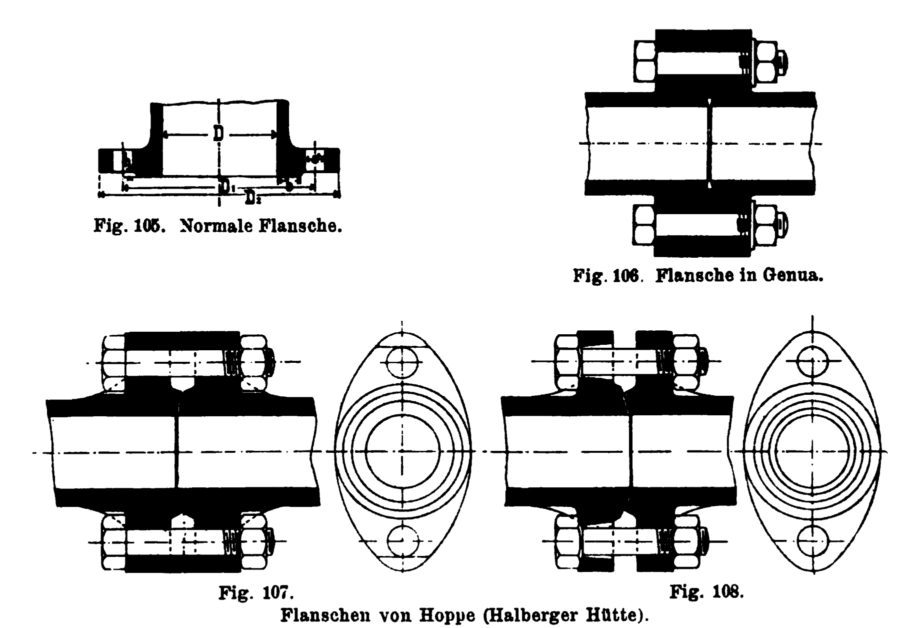


Fig. 105. Normale Flansche.

Fig. 106. Flansche in Genua.

Fig. 107. Fig. 108.
Flanschen von Hoppe (Halberger Hütte).

Fig. 105—108. Verbindungen von Flanschröhren.

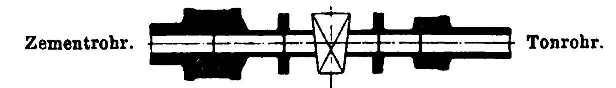


Fig. 109. Verbindung von Zement- und Tonröhren mit gußeisernen Röhren. (Lueger, Handb. d. Arch.)

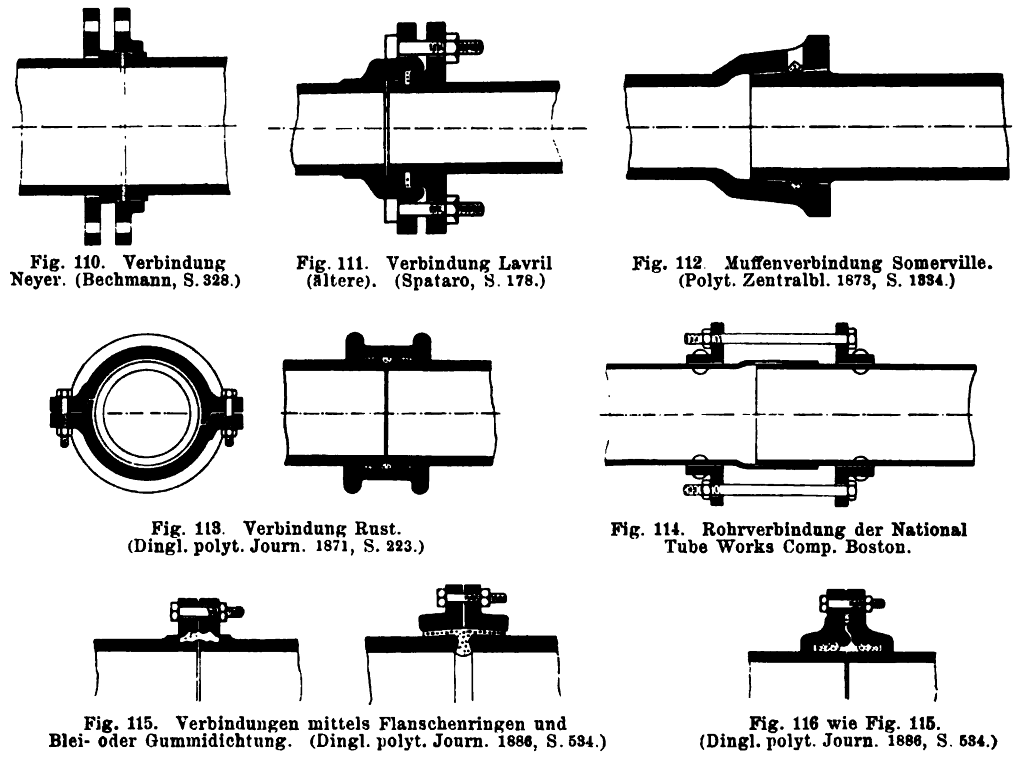


Fig. 110. Verbindung Neyer. (Bechmann, S. 328.)

Fig. 111. Verbindung Lavril (ältere). (Spataro, S. 178.)

Fig. 112. Muffenverbindung Somerville. (Polyt. Zentralbl. 1873, S. 1334.)

Fig. 113. Verbindung Rust. (Dingl. polyt. Journ. 1871, S. 223.)

Fig. 114. Rohrverbindung der National Tube Works Comp. Boston.

Fig. 115. Verbindungen mittels Flanschenringen und Blei- oder Gummidichtung. (Dingl. polyt. Journ. 1886, S. 534.)

Fig. 116 wie Fig. 115. (Dingl. polyt. Journ. 1886, S. 534.)

Fig. 109—116. Gemischte Verbindungen.

[343]. Für schmiedeiserne, muffenförmig ineinander geschobene Röhren verdient diese Verbindung wegen ihrer Einfachheit Beachtung. Die Dichtung erfolgt lediglich durch Zusammenziehen der beiden Winkelringe, von denen jeder auf einem Rohrende aufgenietet ist, mittels Spannschrauben. Bedingung ist niederer Druck in der Leitung und genau kreisrunde Form der geschweißten Rohre, da Eisen auf Eisen dichten soll. — Fig. 115 stellt Verbindungen mittels Flanschenringen, und Blei- oder Gummidichtung dar [369]. In der linken Figur ist zwischen den glatten mit Wulsten versehenen Rohrenden die Dichtung außen aufgelegt, welche durch übergeschobene Flanschenringe mit inneren Rillen zusammengepreßt wird. In der rechten Figur liegt zwischen den nach außen und innen abgeschrägten Rohrenden ein T-förmig gegossener Bleiring, der bei großen Rohren aus zwei Hälften besteht, an Ort und Stelle zusammengelötet wird und durch Zusammenziehen der beiden Winkelflanschenringe und nachheriges Verstemmen dichtet. — Fig. 116 zeigt eine ähnliche Verbindung mittels Flanschenringen, Blei- und Gummidichtung [369]. Auf die glatten Rohrenden werden Gummiringe gesteckt, die beim Zusammenziehen der Winkelringe in die inneren Rillen sich einpressen und, da sie von Wasser benetzt werden, haltbar bleiben; die Flanschen sind mit Blei- oder Gummizwischenlage gegenseitig gedichtet. — Fig. 117 zeigt die ältere Verbindung Legat für Bleirohre [348]. Die vor dem Umbördeln übergeschobenen Stopfbüchsen dichten mittels Gummischnüren in der Streifmuffe ab, während zwischen den Borden die zwischengelegte, durch die Stopfbüchsenschrauben gleichzeitig mit zusammengepreßte Gummidichtung nach innen abdichtet. Bedingung hierbei ist gleichmäßiges Zusammendrücken der drei Dichtungen (s. auch Fig. 123). — Fig. 118 stellt die Verbindung Gibault dar. Über die glatten Rohrenden ist ein schwach konischer Ring geschoben, dessen Stirnflächen auf Gummischnüre gepreßt werden, sobald man die beiden Winkelringe mit den Spannschrauben zusammenzieht. Die Gummischnur legt sich hierbei dicht an die äußere Rohrwand an, da sie an der Innenringfläche der Winkelringe Widerstand gegen Entweichen findet (s. Fig. 134). — Fig. 119 zeigt die Verbindung gußeiserner Röhren mit Gummi, System Marini [336]. Für Brückenübergänge, an welchen Temperatur- und Längenänderungen auftreten, empfiehlt sich eine stopfbüchsenartig dichtende Verbindung, die durch einen hinter die Muffe sich stemmenden Flansch und einen über das glatte Rohrende geschobenen Gegenflansch mit aufgelegtem Gummiring gebildet wird, der beim Anziehen der Schrauben auf der Muffenstirn und am Rohrumfang dichtet. — Fig. 120 ist eine neuere Konstruktion des Joint Lavril (s. Fig. 111) [365]. Diese Rohrverbindung ist etwas beweglich, da der hinter der Muffe aufgeschobene Flansch mit dem Gegenflansch des glatten Rohrendes auf dem elastischen Gummiring die nachgiebige Stütze findet. Durch den vorspringenden Wulst des Gegenflansches wird der Gummiring sowohl in die Ringnut des Grundflansches als auch auf das rillenförmig ausgedrehte glatte Rohrende und endlich in den Spielraum zwischen glattem Rohrende und Muffengrund fest hineingepreßt. — Fig. 121 ist unter dem Namen Rohrverbindung von Dietrich bekannt [361]. Durch einen zweiteiligen mit Schrauben zusammengezogenen Klemmring werden die keilförmig gestalteten Borde aneinander gepreßt und die zwischen den notwendig bearbeiteten Stirnflächen der Borde befindliche Gummidichtung zum Anliegen gebracht. Der umfassende Klemmring bietet einen gewissen Schutz gegen Angriffe der Dichtung durch sauren oder unreinen Boden. — Fig. 122 zeigt die schmiedeiserne Rohrverbindung Lewis & Sons, Wolwerhampton. Vor dem Aufwalzen größerer schmiedeiserner Röhren werden die Flanschenringe aufgesteckt; diese sind innen konisch erweitert und pressen beim Zusammenschrauben das Rohrblech auf einen im Rohrinnern befindlichen Gußring, der zu beiden Seiten in ausgesparten Ecknuten Gummiringe enthält, die die Dichtung herbeiführen. Die Verbindung hat infolge der kegelförmigen Anordnung eine gewisse Beweglichkeit. — Fig. 123 stellt die neuere Rohrverbindung Legat [355] dar (vgl. Fig. 117). Um die in Fig. 117 bestehende Abhängigkeit der gleichmäßigen Dichtung von der Nachgiebigkeit des Dichtungsmittels etwas zu befreien, ist auf jedem Rohr die Stopfbüchse mit besonderen Schrauben an die mittlere Streifmuffe gehängt. Es bleibt aber trotzdem eine gewisse Abhängigkeit bestehen, denn beim Anziehen einer Stopfbüchse wird auch die Streifmuffe und die mit ihr zusammenhängende andere Stopfbüchse angezogen. Die teuere und komplizierte Verbindung, die überdies sehr starr ist, wird deshalb nur ausnahmsweise verwendet. — Die Rohrverbindung Galassé-Kétin [334] ist in Fig. 124 dargestellt. Auf die beiden Rohrenden werden Rillen eingedreht (bei Gasröhren Gewinde), in die sich der übergeschobene Bleiring eindrückt; auch der angegossene Bleiwulst wird zwischen die beiden Rohrenden gepreßt, ohne jedoch die Lichtweite zu verringern, wenn über den schwach konischen Bleiring, der vorher mit Mennigkitt oder Fett angestrichen wurde, die schmiedeisernen Zwingen mit dem Hammer fest angetrieben werden. Hierbei ist an der einen Zwinge stets mit dem Hammer gegenzuhalten. Nach fertigem Antreiben der Ringe kann das Blei wie bei gewöhnlichen Muffenverbindungen verstemmt werden. — Fig. 125 zeigt die Rohrverbindung Petit [367]. Bei Rohrbrüchen, die quer über das Rohr gehen, läßt sich diese rasch herzustellende Verbindung mit Vorteil verwenden, indem die beiden beweglichen Verbindungen an den Rohrenden gelöst, die Streifmuffe, die Gummiringe und Flanschen über den glatten Bruchenden eingebracht und

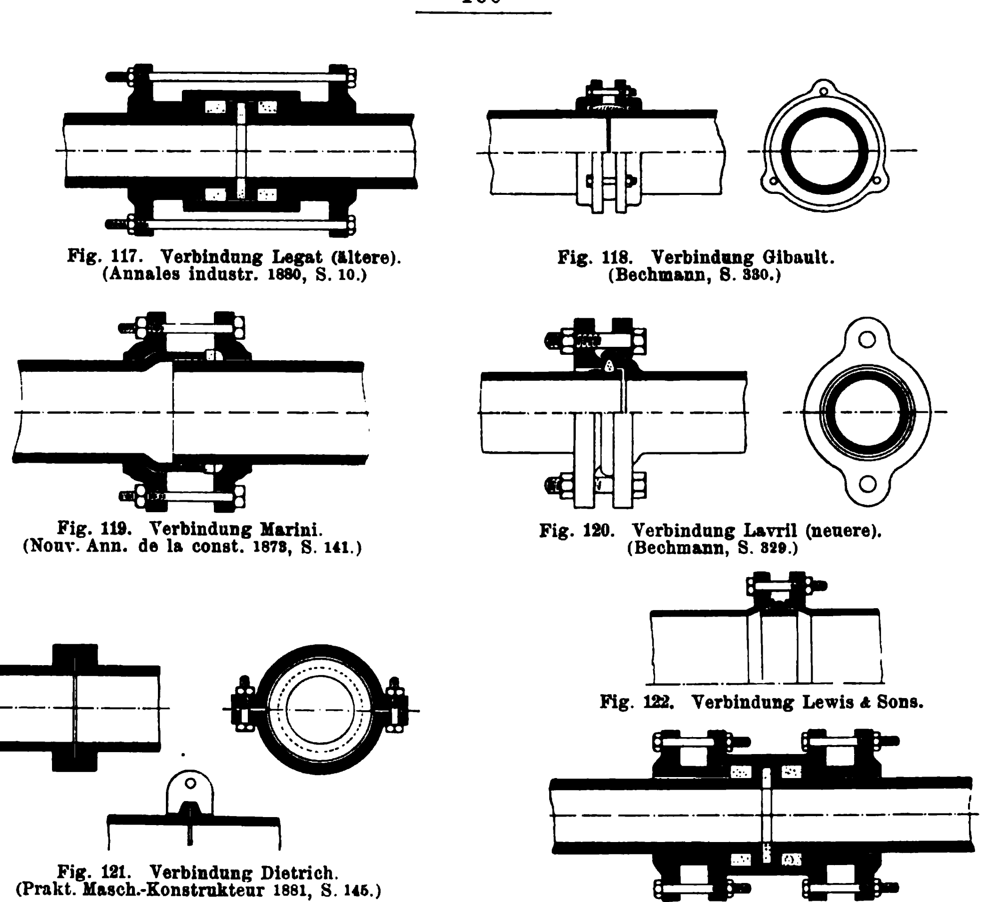


Fig. 117. Verbindung Legat (ältere). (Annales industr. 1880, S. 10.)

Fig. 118. Verbindung Gibault. (Bechmann, S. 330.)

Fig. 119. Verbindung Marini. (Nouv. Ann. de la const. 1878, S. 141.)

Fig. 120. Verbindung Lavril (neuere). (Bechmann, S. 329.)

Fig. 121. Verbindung Dietrich. (Prakt. Masch.-Konstrukteur 1881, S. 146.)

Fig. 122. Verbindung Lewis & Sons.

Fig. 123. Verbindung Legat (neuere). (Ann. industr. 1880, S. 10.)

Fig. 117—123. Gemischte Verbindungen (Forts.).

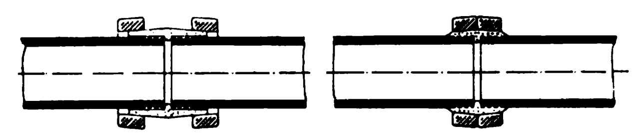


Fig. 124. Verbindung Galassé-Kétin. (Dingl. polyt. Journ. 1872, S. 276.)

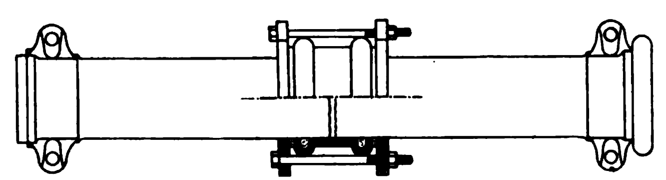


Fig. 125. Verbindung Petit bei Rohrbrüchen. (Spataro, S. 180.)



Fig. 126. Verbindung Petit im Rohrstrange. (Spataro, S. 180.)

Fig. 124—126. Gemischte Rohrverbindungen.

in der gezeichneten Weise verbunden werden, nachdem die Rohrstücke einzeln wieder in den Rohrstrang eingefügt wurden. Wenn nötig, werden die Einzelstücke der Rohre als Hebel beim Einbringen benutzt, wie bei Fig. 126, die ebenfalls eine Petitsche Rohrverbindung wiedergibt. Bei dieser wird ein in den Muffenzapfen gelegter Kautschukring, indem man die Röhren selbst als Hebel benutzt, stark zusammengepreßt, zwei Klauen mit schmiedeisernen Stiften halten das Rohrschloß zusammen. Diese Röhrenverbindung, welche unter anderem bei der großen Wasserleitung im Lager von Chalons angewandt wurde, gestattet ein rasches Fertigwerden mit dem Legen langer Rohrstränge und bietet eine gewisse Beweglichkeit dar, welche in ungleichmäßigem Boden von Wert ist. — Fig. 127 zeigt die Rohrmuffe von Normandy. Diese Rohrverbindung ist eine der einfachsten, die es geben kann, und aus Materialien zu erstellen, die gewöhnlich als Abfälle bei Rohrleitungen leicht zu haben sind. Die Rohre sind an beiden Enden glatt, also können auch Bruchstücke von Röhren verwendet werden; über die Verbindungsstelle wird ein kurzes Stück Rohr als Rohrmuffe geschoben, dessen lichte Weite um ein Geringes größer sein muß als der äußere Rohrdurchmesser, damit es sich leicht über die Rohre streifen läßt. Zu beiden Seiten der Rohrmuffe sitzen gewöhnliche Flanschendeckel, wie sie bei langen Rohrstrecken von den Formstücken öfters abgenommen werden müssen und, nachdem sie bei der Druckprobe ihren Dienst versehen haben, ins alte Eisen wandern. In diese Flanschendeckel werden auf der Drehbank ausgestochene Bohrungen von etwas mehr als dem äußeren Rohrdurchmesser gemacht; um diese sind die Dichtungsringe in einer vertieft eingedrehten Ringnut gelagert und die ganze Verbindung wird mit zwei oder mehreren Schrauben dicht zusammengezogen. Als Dichtungsringe können sowohl Kautschuk- als auch Bleiringe verwendet werden; letztere haben wegen ihrer Plastizität allerdings den Nachteil, daß sie bei Bewegungen, die diese einfache Rohrverbindung ebenfalls zuläßt, zu Undichtheiten Veranlassung geben. Wenn die Rohre nicht stumpf aufeinander gestoßen werden, sondern mit etwas Spielraum verlegt sind, dient diese sinnreiche und billige Rohrmuffe zugleich als Kompensationsvorrichtung bei Längenänderungen durch die Wärme. Auf einem ähnlichen Gedanken beruhen die in den Fig. 118, 134 u. 166 dargestellten Anordnungen. — Fig. 128 stellt die Überschiebmuffe Patent Biller & Sadezky dar. Bei dieser Rohrverbindung wird die Abdichtung durch den Flüssigkeitsdruck erreicht, indem die Flüssigkeit durch kleine Kanäle in die Ringnuten dringt und die Gummiringe gegen den Rohrmantel drückt. — Das Rohreinsatzstück Patent Bilton & Timmins, Fig. 129, dient zur Verbindung von Röhren, deren Enden zum Einschalten eines Prüfungsapparates oder zur Einführung von Räumern einen mehrere Zentimeter großen Abstand voneinander haben. Die Dichtung erfolgt selbsttätig, indem die Gummiringe durch inneren Druck in den kegelförmigen Räumen gegen die Röhren gedrückt werden. Bei der Rohrverbindung Patent Sander (Fig. 130) wird das in die Ringnuten eingebrachte Dichtungsmaterial durch einen in dieselben eingreifenden Zwischenring zusammengepreßt und bildet so einen dichten Abschluß. Fig. 131 zeigt die Muffenrohrverbindung mit beweglichem Flanschring Patent Riedinger. Die Dichtung wird durch Anpressen des losen Flanschringes gegen die Muffe erreicht. Diese Verbindung gestattet der Rohrleitung die Längenausdehnung. Bei der Flanschenrohrverbindung Patent Schmitz (Fig. 132) wird der Austritt der Dichtungsmasse durch einen übergeschobenen Ring verhindert. Der Ring kann bündig mit dem Flansch zurückgeschoben werden, so daß derselbe für Auswechslungen der Röhren kein Hindernis bietet. — Die Rohrschelle Patent Mennicke (Fig. 133) besteht aus 2 Teilen, welche, zusammengeschoben, durch ihre Keilflächen den Dichtungsring, der in die Abzweigung eingebracht ist, fest gegen das Stammrohr drücken und so einen dichten Abschluß bewirken. — Bei der Rohrverbindung System Gilbaut (Fig. 134) wird über die beiden Rohrenden eine gußeiserne Muffe geschoben, deren Enden in Hohlkegelflächen liegen; zwischen diese und die Kegelflächen der Flanschen werden beim Anziehen der Schrauben die beiden Dichtungsringe aus Kautschuk gepreßt und so eine gute und nachgiebige Verbindung geschaffen (vgl. Fig. 118). — In neuester Zeit (6. Mai 1905) wurde eine Hochdruckmuffenrohrdichtung unter D. R.-P. Nr. 157 393 veröffentlicht (Fig. 135 a, b, c), die eine Kombination der Fig. 120 u. 122 enthält. Über das kegelförmig erweiterte Muffenende ist ein Flanschring geschoben, der mittels Schrauben einen über das glatte Rohrende gestreiften Ring mit Vorsprung in die Muffe hereinzieht und die Dichtungsringe in der Kegelmuffe zusammenpreßt. Das glatte Rohrende bewegt sich bei Längenänderungen in der Muffe, vorausgesetzt, daß beim Verlegen der Rohre hierauf Rücksicht genommen wurde. Der unter b gezeigte Zustand gilt nur für die im folgenden beschriebene Versuchseinrichtung. Im Rohrstrange muß das glatte Rohrende um die zu erwartende Streckung vom Muffengrund abstehen. Die fabrizierende Firma „Aktiengesellschaft Ferrum in Kattowitz" schreibt über die in Fig. 135 gezeichnete Hochdruck-Muffenverbindung folgendes: Das Wesen dieser Hochdruck-Muffenverbindung besteht darin, daß das eingebrachte Dichtungsmaterial nicht allein in der Längsrichtung der Rohrachse, sondern auch gleichzeitig quer zu dieser durch Einschnüren des trichterförmig aufgeweiteten Muffenendes gepreßt wird. Durch diese doppelte Einwirkung auf das Dichtungsmaterial hat sich die Verbindung gegen die höchsten Drücke als widerstandsfähig gezeigt nicht allein im ruhenden Zu-

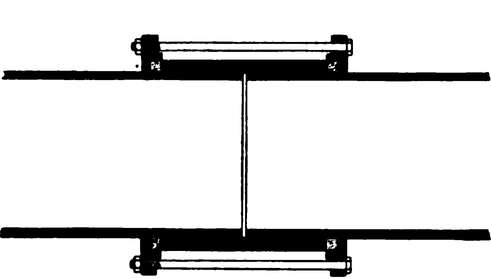


Fig. 127. Rohrmuffe und Kompensationsvorrichtung Normandy. (Reuleaux „Der Konstr.“ 1882, S. 1009.)

Fig. 128. Überschiebmuffe Biller & Sadezky.

Fig. 129. Rohreinsatzstück Bilton & Timmins.

Fig. 130. Verbindung Sander.

Fig. 131. Verbindung Riedinger.

Fig. 132. Verbindung Schmitz.

Fig. 133. Rohrschelle Mennicke.

Fig. 134. Verbindung Gilbaut.

Fig. 135. Rohr mit Muffen- und Flanschenverbindung System „Ferrum“.

Fig. 127—135. Gemischte Rohrverbindungen (Forts.).

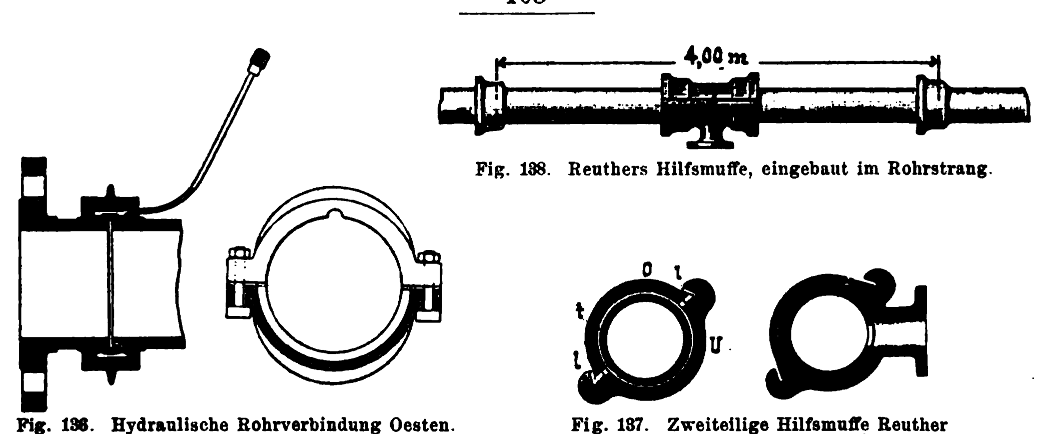


Fig. 138. Reuthers Hilfsmuffe, eingebaut im Rohrstrang.

Fig. 136. Hydraulische Rohrverbindung Oesten. (Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1893, S. 190.)

Fig. 137. Zweiteilige Hilfsmuffe Reuther zur Verbindung glatter Rohre.

Fig. 136—138. Gemischte Rohrverbindungen (Forts.).

stand, sondern auch bei Bewegung der Rohre in der Muffe. Um zu erfahren, wie weit die Rohrverbindung beansprucht werden kann, ist von uns ein Proberohr hergestellt worden, wie solches die Figur unter *a* veranschaulicht. Dieses Rohr ist zwischen die Deckel *c* einer Probiermaschine geklemmt, mit einem Wasserdruck von 90 Atmosphären probiert worden. Die Verbindung stand tadellos. Es wurde nach Ablauf von 10 Minuten die Beweglichkeit der Muffenverbindung probiert und zu diesem Zweck die Deckel der Probiermaschine auseinandergeschoben. Die Muffe gab nach und die Rohre schoben sich auseinander. Da die Dichtung vollständig intakt blieb, wurden die Rohre wieder ineinandergeschoben und dann abwechselnd auseinander und wieder ineinander, stets natürlich unter Benutzung eines Druckes von 90 Atmosphären. Diese Versuche dauerten jedesmal 1 bis 2 Stunden und sind solche bis jetzt fünfmal in Gegenwart Delegierter von Behörden und Vertretern bedeutender Firmen gemacht worden, und zwar stets mit dem gleichen Erfolg. — Eine hervorragende Bedeutung verdient diese Rohrverbindung bei Turbinenzuführungsleitungen, und zwar aus folgenden Gründen: 1. Die Hochdruck-Muffenverbindung gewährt beim Verlegen so viel Spielraum, daß die Richtung einer Rohrtrace stets auf das genaueste eingehalten werden kann. 2. Stopfbüchsen und Expansionsrohre sind nicht erforderlich, weil jede Verbindungsstelle expansionsfähig ist. 3. Die Herstellung besonderer Paßrohre erübrigt sich, denn jedes einzelne Rohr kann an Ort und Stelle als Paßrohr zugerichtet werden. 4. Alle Dichtungen sind von außen zugänglich; es können daher bei dem eventuellen Undichtwerden einer Verbindung neue Dichtungen eingelegt werden, ohne daß ein Auseinandernehmen der Rohrleitung erforderlich ist. 5. Für überseeischen Transport bilden die Rohre mit der Hochdruck-Muffenverbindung den Vorteil, daß die einzelnen Rohre für sich getrennt von Flanschen und Schrauben verladen werden können und ferner bei Bildung einzelner Stufen mit geringen Durchmesserabweichungen ineinandergesteckt werden können, um Frachten zu sparen, wie es bei größeren schmiedeisernen Leitungen üblich ist.

Fig. 136 zeigt eine Rohrverbindung mit hydraulischem Druck (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1893, S. 190). Nach Oesten sind in Berlin zahlreiche Einbauten von Wassermessern, Rückschlagventilen etc., die ein häufigeres Auswechseln veranlassen, mit einer an Ort und Stelle leicht herzustellenden Verbindung versehen, deren wesentlicher Teil aus einer zweiteiligen Rohrschelle besteht, welche um die zu verbindenden Rohrstücke befestigt wird und deren Dichtungseinlage ein zusammengequetschter, gelöteter, mit einem Ansatzröhrchen von Zinn versehener Bleiring bildet. Mittels einer kleinen, leicht transportablen hydraulischen Schraubenpresse wird durch das Zinnröhrchen in den Bleiring, der wegen der kleinen Unebenheiten auf der äußeren Rohrwand innen mit Bleimennig bestrichen ist, Wasser eingepreßt, wodurch er sich aufbläht und dicht an das Rohr anschließt; selbst die ringförmigen Nuten, die zum Zwecke eines geringen axialen Zusammenhaltens auf die beiden Rohrstücke eingegossen sind, werden durch das radial eingepreßte Blei satt ausgefüllt. Beim Auseinandernehmen der Verbindung wird der stumpf zusammengelötete Bleiring einfach aufgeschnitten. Der Bleiring wird aus gewöhnlichen Bleirohrstücken von 25 bis 40 Millimeter Durchmesser hergestellt, die Verbindung ist in Berlin an Rohren von 50 bis 150 Millimeter angewendet; der hydraulische Druck beträgt in der mit Manometer versehenen Schraubenpresse 50 bis 100 Atmosphären. — Bei dieser Art Röhrenverbindung ist es unumgänglich nötig, daß die beiden Rohrenden in axialer (Längs-)Richtung unverrückbar fest gelagert sind, da der Dichtungsbestand bei Längszerrungen nicht vorhält. — In den Fig. 137 u. 138 ist Reuthers Patenthilfsmuffe ohne und mit Abzweig dargestellt. Diese ohne Schraubenverbindung herzustellende, bei Rohrbrüchen oder zur Befestigung der durchbohrten Rohrwand verwendbare Hilfs-

muffe wird aus dem Unterteil *U* und Oberteil *O* gebildet, welche beide zunächst nebeneinander um das Rohr gelegt, dann mit den schwalbenschwanzförmigen Zapfen ineinandergeschoben und mit 4 Hilfsschraubzwingen zusammengehalten werden. Hierauf sind die Dichtungsfugen wie bei gewöhnlichen Muffen zu verstricken und die Rund- und Längsfugen mit Lehm zu umhüllen, wobei für den Bleieinguß zu beiden Seiten der Muffe bei *t* Eingußtrichter, bei *l l* Luftauslaßlöcher angebracht werden. Sodann erfolgt das Vergießen der Hilfsmuffe in einem Guß gleichzeitig durch beide Trichter. Nach dem Verguß werden die Schraubzwingen abgenommen und die Bleifugen der Reihe nach wie folgt verstemmt: 1. an beiden Längsfugen, 2. an beiden Muffenenden, 3. an den 4 Kopfenden der Längsfugen. Nach angestellten Berechnungen kostet die Abdichtung eines Rohrs mit seitlichem Abzweig auf diese Weise ¹/₃ weniger als mit gewöhnlichem Überschieber und Formstück.

Maßregeln beim Einbringen und Probieren der Rohrverbindungen. Die verschiedenen seither genannten Rohrverbindungen erfordern teilweise besondere Einrichtungen zu deren Herstellung; nach Vollzug der letzteren ist es auch nötig, eine Prüfung auf Wasserdichtigkeit, dem Betriebsdrucke in der Leitung entsprechend, vorzunehmen, bei welcher Sicherheitsvorkehrungen gegen seitliche und Längsverschiebungen geboten sind, die im folgenden besprochen werden sollen.

Zu den am häufigsten vorkommenden Muffendichtungen durch Bleiverguß bedarf man in erster Linie der Gießringe. Fig. 139 stellt einen solchen Bleigießring aus Drahtseil von Reuther dar. Der Ring wird um das Rohr vor die Muffe gelegt, nachdem er vorher mit dünnem Lehm überstrichen wurde, damit das flüssige Blei nicht am Drahtseil anhaftet. Hierauf wird der Bügel mittels der Ösenschraube festgezogen und etwaige Fugen dort, wo der Gießtrichter sowie das Drahtseil an der Muffenstirne anliegen, mit Lehm verstrichen, damit das flüssige Blei nirgends hervorbrechen kann. Die den verschiedenen Lichtweiten entsprechenden Preise sind:

Lichtweite	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	**Millimeter**
Preis	20	21	24	26	28	32	36	40	44	48	53	60	70	75	80	**Mark.**

Die Firma Bopp & Reuther in Mannheim liefert ferner für Rohrlichtweiten von 50 bis 200 Millimeter die in der Fig. 140 dargestellten Gießringe, in Stahlguß ausgeführt, über 200 bis 1000 Millimeter in Fassoneisen. Bei Anwendung solcher Gießringe fällt die Umhüllung mit Hanfstrick und Lehm vor der Muffe fort. Die entsprechenden Preise für diese Einrichtungen sind:

Lichtweite	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	Millimeter
Preis	2,50	3	3,50	4	4,50	5	5,50	6	6,50	7	Mark,
Lichtweite	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	Millimeter
Preis	13,75	14,75	15,75	16,75	19,25	25,75	32,25	36,50	40	44	Mark.

Verschlußvorrichtungen beim Probieren verlegter gußeiserner Rohrstrecken großer Lichtweite. Beim Verlegen großer Rohre wird das Ausschmelzen der Bleidichtungen aus den gewöhnlich verwendeten Probierstücken zu einer Gefahr für die Rohre selbst, da die Erhitzung der starken Muffen schädliche Spannungen in der unmittelbar vor der Muffe liegenden glatten Rohrwand hervorruft. Obgleich man das Ausschmelzen in der Weise handhabt, daß die ganze Muffe ringsum mit Holz umgeben, dieses angezündet und durch Nachlegen frischen Holzes in mäßigem Brand erhalten wird, so beginnt naturgemäß die unten liegende Bleifuge zuerst zu schmelzen, da alles flammende Feuer seitlich der Muffe nach oben schlägt, die unter der Muffe brennenden Scheite daher alle ihre Glut an die Eisenwand abgeben. Nicht so die neben und auf dem Rohre brennenden Scheite, deren Flammen vom Rohr abgewendet lodern. Um nun auch die oberen Teile der Bleifuge zum Ausschmelzen zu bringen, wird meistens das Feuer unter dem Rohr mehr und mehr geschürt, wobei ganz unkontrollierbare Temperaturen und demgemäß Spannungen in den Rohrwänden erzeugt werden, die zu Rissen führen können, welche umso schädlicher wirken, je später man sie entdeckt. Es könnte sich nun fragen, ob man die verwendeten Probierstücke (meist E-Stücke [s. Fig. 22] mit einem kleinen, zum Füllen des Rohres benötigten Abzweig) in dem fertig probierten Strang beläßt. Da es sich hierbei stets um zwei Flanschenformstücke handelt, ein E- und ein F-Stück (s. Fig. 23), deren Anschaffungskosten wegen der bearbeiteten Flanschen beträchtliche sind, und außerdem in die Leitung ein durch die Flanschenverbindung starres Stück gelangt, das zu Brüchen geneigt ist, so unterläßt man dieses Einfügen der Flanschenformstücke und entfernt sie, nachdem sie beim Probieren der Strecke den anders als mit Flanschenverschluß schwer zu erzielenden Zweck der vollkommenen Abdichtung auf den Probedruck erfüllt haben.

Um die beschriebenen Übelstände des Ausschmelzens zu vermeiden, wurden beim Verlegen von Leitungen mit 550 und mit 650 Millimeter lichter Weite von dem Stuttgarter Wasserwerk die in Fig. 141 gezeichneten Vorrichtungen verwendet. Die schon fertige Rohrstrecke

links dient als Widerlager für eine Schraubenwinde, welche sich einerseits gegen einen auf den abprobierten Rohrstrang geschobenen Flanschendeckel, anderseits gegen das bei jeder Probestrecke wieder zu verwendende F-Stück mit Flanschendeckel stützt. Die rechtseitige, zu probierende Rohrstrecke wird nun einerseits mittels einer übergeschobenen Flanschenringverbindung, wie solche in den Fig. 116, 118, 125 u. 127 (mit Schrauben und Gummidichtung leicht auf- und abzumontieren) angegeben sind, an dem glatten Rohrende gedichtet, wobei das F-Stück ein für allemal mit dicht aufgeschraubtem Flanschendeckel, der oben auch die Füllöffnung trägt, verbunden bleibt. In der Entfernung von ca. 100 Meter wird dann das Muffenende der Probestrecke mittels einer besonders für vorliegenden Zweck konstruierten Verschlußvorrichtung abgedichtet. Über



Fig. 139. Gießring aus Drahtseil von Bopp & Reuther.

Fig. 140. Gießring aus Stahlguß von Bopp & Reuther.

den Muffenkelch ist eine starke gußeiserne zweiteilige Rohrschelle gelegt, die auf ihrem Umfang verteilt die Ösen zur Aufnahme der Verbindungsschrauben mit dem Schlußdeckel (einem normalen, hierzu passenden, etwas größeren Flanschendeckel, als er der Lichtweite des Rohres entspricht) trägt. Damit die zweiteilige Rohrschelle, die wohl an dem Muffenwulst ein günstiges Widerlager findet, beim Anziehen der Schrauben aber über den Wulst weggleiten würde, sich nicht

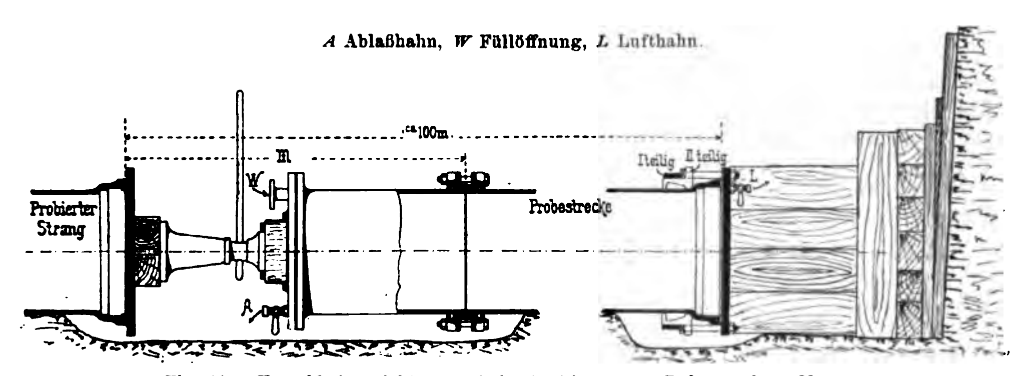


Fig. 141. Verschlußvorrichtungen beim Probieren von Rohrstrecken, M = 1 : 40.

öffnet, ist über ihr hinteres Ende ein geschweißter schmiedeiserner Ring gelegt, dessen lichter Durchmesser etwas größer ist als der größte Durchmesser der Muffe, so daß er sich vor Auflegen der Rohrschelle über die Muffe leicht anbringen läßt. Da die Muffenstirnen großer Rohre wegen des auf der Drehbank in der Röhrengießerei abgestochenen sogenannten „verlorenen Gußkopfes" glatt bearbeitet sind, hat die Abdichtung des mit Gummi und Hanfeinlage belegten Flanschendeckels keine Schwierigkeit. Am oberen Teil des Flanschendeckels ist ein Entlüftungshahn eingeschraubt. Der Flanschendeckel wird wie gewöhnlich gegen stehengebliebenes Erdreich abgesteift; diese Absteifung ist nötig, um den Schub, der bei dem Probedruck im Rohrstrang auftritt, aufzunehmen. Bei dem 650 Millimeter-Rohr und 15 Atmosphären Pressung z. B. beträgt er nicht weniger als: $\frac{\pi}{4} \cdot 70{,}7^2$ cm . 15 kg-qcm = 58890 kg (707 mm = innere Muffenweite bei Druck auf den Deckel).

Angesichts solcher bedeutender Druckkräfte müssen Vorkehrungen beim Verlegen getroffen werden, damit nicht nur bei Druckproben, sondern auch beim Betriebe von Leitungen den auftretenden Druckäußerungen (die denjenigen der Probedrucke infolge von Wasserstößen an Größe nichts nachgeben) mit zuverlässiger Sicherheit begegnet wird (vgl. S. 825 u. 834 in Abt. I). Liegt die Probestrecke in der Geraden, so genügt es zum Auffangen des Probedruckes, daß, wie in Fig. 141 gezeigt, entweder fertig verlegte ebenfalls gerade Rohrstrecken oder stehen gebliebenes festes Erdreich als Widerlager benutzt werden. Zur Verteilung des Druckes auf eine größere Fläche der Abschlußdeckel sind harthölzerne Beilagen zwischen Deckel und Steifen (Sprießen) zu verwenden; sie verhindern auch beim Ansetzen von Winden das Gleiten der eisernen gedrückten Teile. Daß die Winde dem größten auftretenden Drucke entsprechen muß, ist selbstverständlich hinsichtlich ihrer Tragkraft; daß das Windwerk unter dem größten Druck bewegt werde, ist aber nicht nötig. Um das Eindrücken des Fußes und Kopfes der Winde in die Holzbeilagen zu verhindern, ist es ratsam, dicke Bleche zwischenzulegen; mehr als 80 Kilogramm-Quadratzentimeter Belastung hält Eichen- und Buchenholz nicht aus, Tannenholz zersplittert. Beim vorhin erwähnten Beispiel wäre zur Druckaufnahme von 58 890 Kilogramm nötig: 58 890 : 80 = 736 Quadratzentimeter gedrückte Holzfläche, welche bei einer quadratischen Hartholzunterlage mit 27 Zentimeter Seitenlänge, bei zwei Unterlagen von je 15 Zentimeter Breite mit 25 Zentimeter Länge gebildet werden kann.

Wird gegen Erdreich abgesteift (wobei stets zu beachten ist, daß nur kurze Steifen benutzt werden, da lange Steifen sich durchbiegen und endlich brechen), so soll von dem Gesamtdruck nicht mehr als 1 Kilogramm pro Quadratzentimeter gedrücktes Erdreich entfallen; dies gäbe bei dem Beispiel, wenn vier Hartholzdielen von zusammen 120 Zentimeter Breite (= der Grabenbreite) genommen werden, eine lotrechte Länge von 58 890 : 120 = 490 Zentimeter = 4,90 Meter. Die Grabentiefe beträgt aber in den seltensten Fällen über 2,50 Meter, daher erfolgt beim Beginn des Probedrückens das bekannte Knistern und Krachen, welches anzeigt, daß sowohl Hölzer als Erdreich sich mit dem wachsenden Druck zusammenpressen, wobei der Boden eben mehr als 1 Kilogramm-Quadratzentimeter (in dem Beispiel, wenn etwa $^2/_3$ der Grabentiefe als wirksames Widerlager angenommen werden: $58890 : 120 \cdot \frac{2}{3} \cdot 250 = \backsim 2{,}9$ Kilogramm pro Quadratzentimeter) kommen. Daß die Zusammendrückung des Erdreichs nicht ohne Längenausdehnung des Rohrstranges, d. h. Auseinanderziehen der Muffenstellen vor sich geht, ist begreiflich. Sie verteilt sich bei 100 Meter Probierstreckenlänge allerdings auf rund 25 Muffen, zeigt aber, wie sorgfältig die Absprießungen hergestellt werden müssen, wenn dauernde Dichtheit der Muffen erreicht sein soll. Jedenfalls ist anzustreben, daß mit Zuhilfenahme von Keilen die Zusammendrückung des Erdreichs vor Beginn der eigentlichen Druckprobe eingeleitet oder erreicht wird, zumal die Annahme der Verteilung einer Streckung auf sämtliche in Betracht kommende Muffen nicht zutrifft, wenn es sich um nassen glatten Boden handelt, auf welchem die Rohre beim Gleiten wesentlich geringeren Widerstand finden als bei trockenem, rauhem Boden. Es wird dann an jener Muffe, die den geringsten Halt bietet, der Rohrstrang auseinander gezogen und die Rohre vor ihr werden verschoben. — Daß übrigens selbst trockener Untergrund die ganze Probierstrecke in dem Beispiel nicht vor dem Gleiten bewahren kann, lehrt folgende Betrachtung. Das Gewicht der gußeisernen Muffenrohre samt Füllung beträgt für die ganze Länge:

100 m × 300 kg (Gewicht pro Meter 650 mm-Rohr = 300 kg)	=	30 000 kg
Das Wassergewicht: $1000 . \pi . 3{,}25^2$	=	33 180 kg
also das Gesamtgewicht der Probestrecke:		63 180 kg

Der Koeffizient für den Reibungswiderstand kann günstigstenfalls zu 0,40 (bei nassem Untergrund zu ca. 0,15) angenommen werden; somit stehen günstigstenfalls: 63 180 Kilogramm × 0,40 = 25 272 Kilogramm Reibungswiderstand gegen 58 890 Kilogramm Kraftäußerung beim Probedruck. Damit ist ein Gleiten des ganzen Stranges unausbleiblich. Es ist also unerläßlich, die Erdversprießung nach Fig. 141 vorzunehmen.

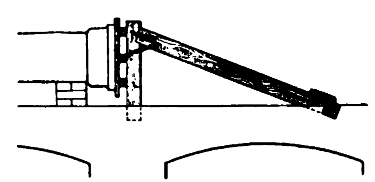


Fig. 142. Endversteifung der Rohre beim Probieren auf Substruktionen.

Bei gemauerter Unterlage, z. B. auf Betonsubstruktionen (in Talübergängen der Aquädukte), müssen die Rohre beim Probieren künstlich mit gezimmerten Gerüsten abgesteift werden, wie Fig. 142 zeigt. Die senkrechten Hölzer und die Streben werden meist 20 × 22 Zentimeter stark genommen, 5 bis 6 Stück nebeneinander je nach dem Rohrdurchmesser; dabei stehen die ersteren im Beton eingelassen, letztere stützen sich zur gleichmäßigen Verteilung des Strebendruckes auf eine über die ganze Breite des Fundamentes sich erstreckende, senkrecht zur Streberichtung in den Beton eingelassene Hartholzschwelle. Das Ganze wird kunstgerecht mit Eisenklammern verbunden.

Liegt die Probierstrecke in einer Kurve, oder sind Krümmer eingebaut, so ist bei größeren Rohren, etwa von 300 Millimeter aufwärts, nicht zu versäumen, sich darüber zeichnerisch zu orientieren, nach welcher Richtung und in welcher Stärke die von den beiden Druckkomponenten gebildete Resultante auftreten muß. Werden die in der Rohrachse wirksam gedachten Kräfte über den Bogen hinaus verlängert, so ergibt, wie Fig. 143 zeigt, in irgend einem Maßstab gezeichnet, die Diagonale des Kräfteparallelogrammes genau Richtung und Größe der von dem Boden beziehungsweise Mauerwerk aufzunehmenden Gesamtdruckwirkung beim Probedruck und nachherigen Betriebsdruck an. Ihr muß sorgfältig Rechnung getragen werden, da sie bleibenden

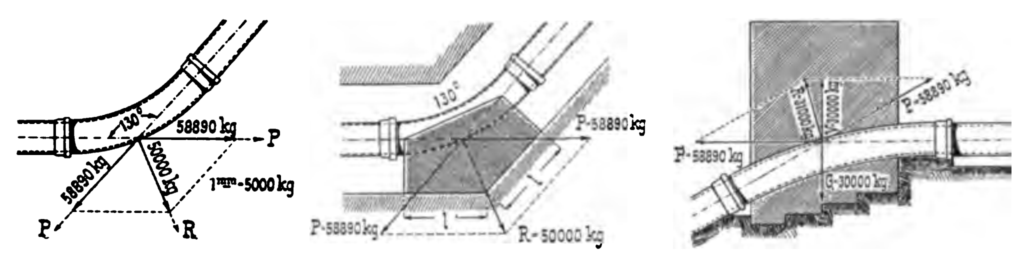


Fig. 143. Wirkung der Druckkräfte beim Probieren der Rohre.

Fig. 144. Rohrhintermauerung, Fig. 145. Rohrübermauerung, zur Aufnahme der Druckkräfte im Rohrstrang bei der Probe und beim Betriebe.

Charakter hat. Man wird finden, daß diese resultierende Kraft stets nach der Seite des äußeren Bogens eines Krümmers fällt, also von dem größeren Teil desselben auf die zu schaffende Unterlage bezw. Hinterstopfung übertragen wird. Dabei ergibt sich, daß bei horizontal liegenden Leitungen der Krümmer gegen die Grabenwand hintermauert werden muß, wie Fig. 144 zeigt; der zulässige Flächendruck ist wie vorhin bei dem Endverschluß mit 1 Kilogramm pro Quadratzentimeter gedrückten Bodens zu rechnen. Das Mauerwerk ist in Zementmörtel herzustellen, da anderenfalls auf eine gleichmäßige Druckverteilung der Hintermauerung auf das Erdreich nicht zu rechnen wäre. Bei einem 130 Grad-Bogen und 50 000 Kilogramm Gesamtdruck wird die Länge l des von der Resultierenden nach beiden Seiten symmetrisch anzulegenden Mauerwerkes von rund 1,00 Meter Höhe je: $l = \frac{50\,000}{100 \cdot 2 \cdot \cos 25^0} = 276$ Zentimeter, da die senkrecht auf die beiden Flächen l wirkenden Komponenten K von R sind: $K = \frac{R}{2 \cdot \cos 25^0}$.

Die gleiche Art der Hintermauerung des Krümmers ergibt sich, wenn der Röhrenstrang von der Horizontalen in eine aufsteigende Richtung, oder von einer geneigten in die horizontale Linie übergeht. Der Krümmer wird dann auch „untermauert“. Geht der aufsteigende Ast in die Horizontale über, oder was das gleiche ist, die horizontale Lage in eine absteigende, so liegt das belastende Mauerwerk a u f dem Krümmer, da dieser durch die Vertikalkomponente der resultierenden Kraft nach oben geknickt zu werden droht. Hier wirkt dann nicht mehr der Flächendruck

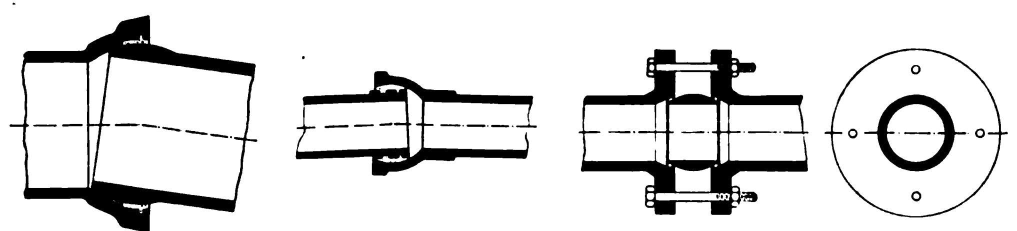


Fig. 146. Joint Doré. Fig. 147. Joint Ward et Craven. Fig. 148. Gelenk mit Kugelzwischenstück.

einer Widerstand bietenden Fläche, sondern es muß durch „Übermauerung“ des Rohres das Gewicht des Mauerkörpers der gedachten Vertikalkomponente das Gleichgewicht halten (s. Fig. 145). Bei einem 150 Grad-Bogen müßte für unser Beispiel der Mauerkörper von Backsteinen ($\gamma = 1600$) 1,9 Kubikmeter messen, um der aufstrebenden Kraft V von 30 000 Kilogramm zu widerstehen. Ist der resultierende Vertikaldruck so groß, daß er von Mauerwerk über dem Rohr bis Straßenoberkante nicht mehr paralysiert werden kann, so muß der Mauerkörper um das Rohr herum und unter das Rohr angelegt und mit der über dem Rohr befindlichen Mauerung durch Zuganker, Schlaudern etc. so innig verbunden werden, daß begründete Sicherheit besteht, das Gesamtgewicht G des ganzen Mauerklotzes bilde die wirksame Gegenkraft für die nach oben strebende Resultante R des zu erwartenden höchsten Betriebsdruckes bezw. Probedruckes.

Bei Druckleitungen und bei Verteilungsleitungen in wechselnden Straßenvisieren sind diese

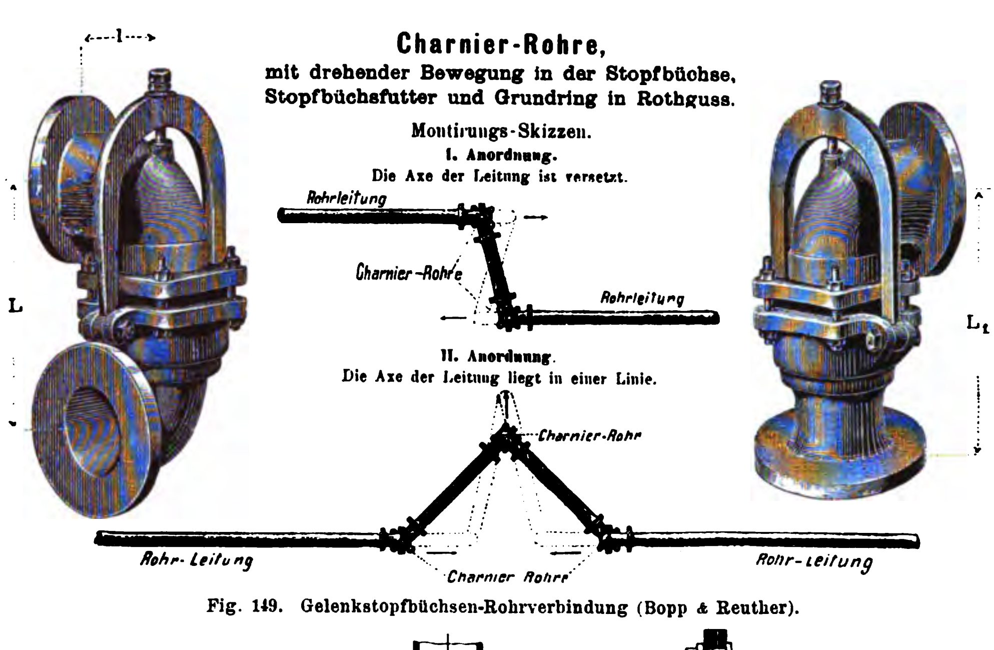


Fig. 149. Gelenkstopfbüchsen-Rohrverbindung (Bopp & Reuther).

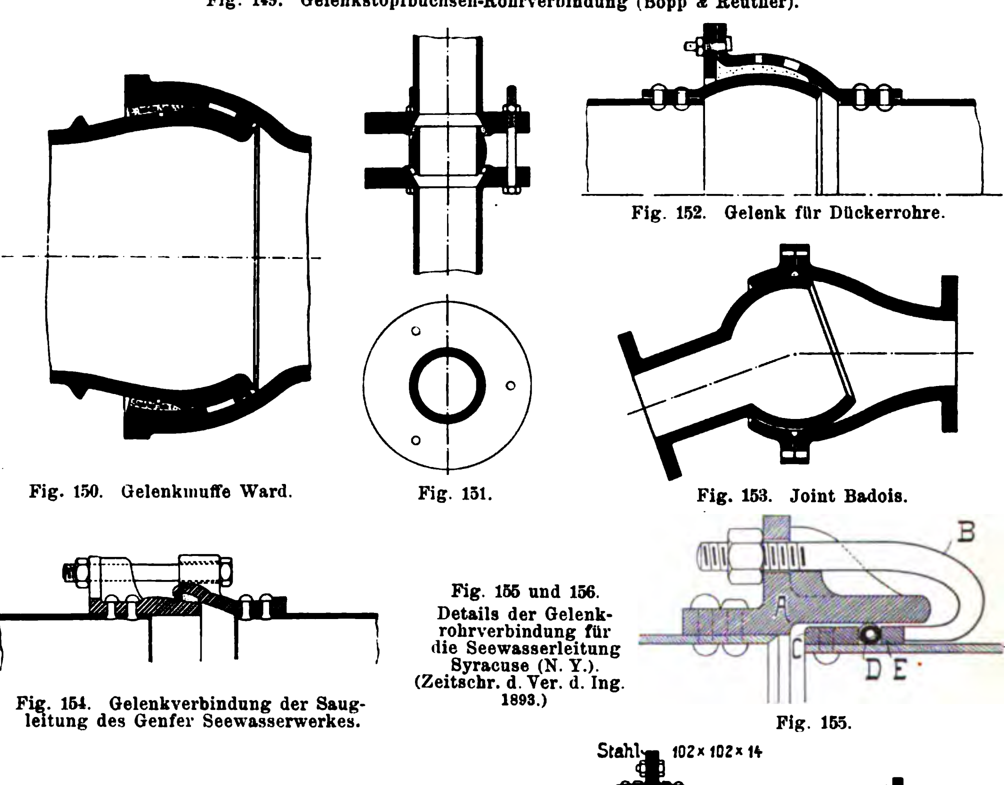


Fig. 150. Gelenkmuffe Ward.

Fig. 151.

Fig. 152. Gelenk für Dückerrohre.

Fig. 153. Joint Badois.

Fig. 154. Gelenkverbindung der Saugleitung des Genfer Seewasserwerkes.

Fig. 155 und 156. Details der Gelenkrohrverbindung für die Seewasserleitung Syracuse (N. Y.). (Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1893.)

Fig. 155.

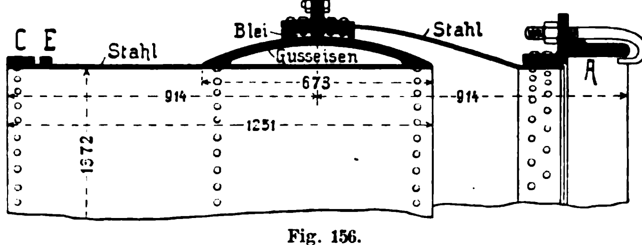


Fig. 156.

Fig. 146—156. Gelenkige Rohrverbindungen.

nötigen Belastungsmauerkörper von Wichtigkeit. Auf das Gewicht des Rohres mit Wasser ist hierbei nicht zuverlässig zu rechnen, da kein Anhaltspunkt über die einzusetzende Länge besteht.

Nach beendeter Druckprobe wird die Verschlußvorrichtung vom glatten Rohrende Fig. 141 wieder abgenommen (was mit dem Auseinanderschrauben der beiden übergeschobenen Ringe keinerlei Schwierigkeiten bietet), die Vorrichtung an die nächste Probierstrecke transportiert und unterdessen das offen gebliebene Stück mittels eines auf das Maß m (von etwa 1,450 Meter) abgepaßten glatten Rohrstückes, das genau die Länge der herausgenommenen Vorrichtung einschließlich der Schraubenwinde hat, und eines gewöhnlichen Überschiebers geschlossen.

Das zu den Dichtungsringen der Verschlußvorrichtung verwendete Gummi soll „Paragummi“ reinster Qualität sein. Die Verschlußvorrichtung am Muffenende der Probierstrecke kann bis nach vollendeter Druckprobe der nächsten hier anschließenden Strecke statt des eingangs erwähnten auf die Muffe geschobenen Flanschendeckels auf der Muffe sitzen bleiben und wird erst abgenommen, wenn auch dieses Stück definitiv, wie eben beschrieben, geschlossen werden soll. Es empfiehlt sich daher, bei Rohrsträngen größerer Länge stets zwei Garnituren der Verschlußvorrichtungen zu beschaffen.

Über die Höhe des zulässigen bezw. geeigneten Probedruckes bei verlegten Rohrstrecken siehe das bei den Rohrpressen § 61 Gesagte.

d) **Gelenkige Rohrverbindungen.** Manchmal besteht schon während des Verlegens von Röhren die Notwendigkeit, kleine Lageänderungen des Stranges nach allen Richtungen zu ermöglichen, um etwa vorkommenden Schwierigkeiten leichter aus dem Wege gehen zu können, oder man muß — wie z. B. bei den Saugwasserleitungen in Seebecken — unbekannten Bodenneigungen rasch zu folgen vermögen, oder es muß dafür gesorgt werden, daß gelegte Rohrstränge durch später auftretende Bodenbewegungen nicht abgerissen werden u. s. w. Auch kann es — z. B. bei Hausinstallationen — der Gebrauch einer Wasserleitung erfordern, daß ihr Auslauf bald in dieser, bald in jener Lage benutzbar sei. In allen diesen und ähnlichen Fällen sind gelenkartige Verbindungen der einzelnen Röhren, die den Rohrstrang bilden, ein unentbehrliches Hilfsmittel.

Von den verschiedenen diesbezüglichen Konstruktionen erwähnen wir als eine der ältesten die Gelenkrohrverbindung Joint Doré (Fig. 146). Das Schwanzende des einen Rohres ist mittels kugeliger Verdickung in der ebenso geformten Muffe des anderen Rohres beweglich eingedichtet. Bedingung ist genau bearbeitete Kugelform. Damit die Dichtung aus der Muffe nicht heraustritt, ist sie in einer Ringnut vertieft festgehalten. Eine weitere Gelenkrohrverbindung ist der sogenannte „Joint Ward et Craven“ (Fig. 147). Das Schwanzende des einen Rohres ist mit mehreren Ringwulsten versehen, die in der Verdichtung fest bleiben; die Gelenkigkeit wird durch Verschieben der Dichtungsoberfläche in der kugeligen Muffe bedingt, zu welchem Zweck der Hohlraum bearbeitet oder sonst möglichst genau kugelförmig gestaltet werden muß, wenn die Dichtung ohne Nachstemmen zuverlässig halten soll. In beiden besprochenen Fällen ist die Beweglichkeit nicht groß. — Fig. 148 stellt ebenfalls eine bewegliche Rohrverbindung dar. Zwischen zwei Flanschenden ist kugelartig ein Hohlkörper eingespannt, dessen runde Stirnflächen in konischen Ausdrehungen der Flanschen mit Gummiringen dichten. Die Beweglichkeit ist zufolge der Spannschrauben eine ganz minimale, da bei einer Bewegung, z. B. nach abwärts, die untere Schraube spannt, die obere Schraube nur wenig gelockert wird. Wohl kann durch Lösen und Wiederanziehen der Schrauben die Beweglichkeit vergrößert werden. — Fig. 149: Scharnierrohre. Mit Hilfe von Krümmern, die durch einen Bügel mit Körnerschraube zusammengehalten werden und von denen sich ein Teil in der Stopfbüchse des anderen Teiles scharnierartig (wie in einem Gelenk) drehen kann, lassen sich, wie die Figur zeigt, die mannigfaltigsten Visier- und Richtungsänderungen der Rohrachsen ausführen. Diese werden meist bei Leitungen in geschlossenen Räumen, Kellern, Gängen etc., beim Ausfahren der Nischen oder Verstärkungspfeiler angewendet und dienen zugleich als Kompensatoren, das sind Ausgleichsvorrichtungen für Längenänderungen bei Temperaturwechsel. — Die Gelenkmuffe von Ward (Fig. 150) zeigt zwei ineinander gesteckte halbkugelförmige Muffenenden, welche in der Dichtungsfuge mit Blei oder dgl. vergossen und verstemmt werden, nachdem durch Verdrehen der beiden Rohre die definitive gegenseitige Lage gefunden ist. In der Figur sind die beiden Rohrachsen in einer Geraden angenommen; Verdrehungen können bis zu einem Winkel von 10 Grad erfolgen. — Ähnlich wie bei Fig. 148 ist in Fig. 151 die Beweglichkeit durch das Zwischenstück ermöglicht; die Flanschen pressen (vgl. Fig. 122) die aufgebördelten Enden der beiden schmiedeisernen Rohre mit den Dichtungsringen auf das kugelförmige Zwischenstück. — Eine bewegliche Rohrverbindung für große Kaliber zeigt Fig. 152. Bei Dückern mit großen genieteten Röhren, die sich dem Flußbett anschmiegen sollen, wird die hier gezeichnete Form einer beweglichen Rohrverbindung gewählt. Die dichtende Masse wird bei dem größeren der beiden Löcher der gußeisernen Muffe eingegossen, deren Stirn mittels Flanschenring verschlossen ist. Das kleinere Loch läßt die Luft während des Vergusses entweichen. — Vielfach verwendet ist die bewegliche Rohrverbindung Joint Badois (Fig. 153). Die durch Gummischnur zwischen den beiden Muffenhälften abgedichtete Hohlkugel des einen Flanschrohrendes kann Bewegungen bis

zu 25 Grad ausführen. Diese Kugelgelenke werden bei den unter Wasser liegenden Saugleitungen der Seewasserwerke angewendet. – Fig. 154 zeigt die Gelenkverbindung der Saugleitung des Genfer Wasserwerkes. Die teilweise schmiedeiserne, 650 Millimeter weite und im ganzen (mit den gußeisernen Röhren) ca. 2 Kilometer lange Saugleitung in den Genfer See hinaus ist aus 9 Millimeter starkem Blech mit gußeisernen aufgenieteten muffenförmigen Endstücken versehen, die mit Gummi gedichtet und durch starke Schrauben zusammengehalten werden. Die einzelnen Rohre sind 10 Meter lang und wurden durch Taucher unter Wasser verlegt (vgl. Abt. I, S. 376). — Die Fig. 155 u. 156 stellen die bewegliche Verbindung bei einer großen Seewasserleitung dar. Nach der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1893, S. 1181 mußte für die Wasserwerke der Stadt Syracuse N. Y. aus örtlichen Gründen die Entnahmestelle des Wassers in einer Entfernung von rund 1950 Meter vom Ufer des Skaneateles-Sees gewählt werden, woselbst die Wassertiefe 11,5 Meter beträgt. Die Rohrleitung im See besteht aus genieteten Stahlrohren von 1372 Millimeter Durchmesser und 9,5 Millimeter Wandstärke. Die einzelnen Stücke der unter Wasser zu verlegenden Leitung wurden aus Stahlblechplatten von 1,83 Meter Breite gefertigt, deren Länge dem herzustellenden Durchmesser von 1,372 Meter und der Überlappung von 63 Millimeter für die einfache Nietung entsprach (3,14 . 1,372 + 0,063 = 4,363 Meter). Je 5 der so entstandenen Rohrstücke von 1,83 Meter Länge (die Blechtafelbreite wird jetzt zur Länge des einzelnen Rohrstückes; die Tafellänge wurde, wie es die größere Festigkeit der gewalzten Faser in der Walzrichtung verlangt, gerollt) wurden dann teleskopisch ineinander geschoben und vernietet, so daß ein starrer Rohrabschnitt von 8,898 Meter Länge [(5 × 1,83 Meter) — (4 × 0,063 Meter) = 8,898 Meter, bei 5 Rohrstücken mit 4 Längsüberlappungen] entstand. Die Nietungs- und Dichtungsarbeit entsprach dabei der bei Dampfkesseln üblichen. Diese Arbeiten sowie die Prüfung und Asphaltierung der Rohre, gingen im Werk (Groton Bridge & Mfg. Co., Groton N. Y.) vor sich; nun wurden die Rohrstücke an das Ufer des Sees befördert und hier wiederum je 4 auf die vorgenannte Weise zu einem starren Rohrstrang vereinigt, welcher nunmehr die Länge von 35,403 Meter hatte. Ein jedes der so entstandenen Rohrstücke erhielt an dem engeren Ende den in Fig. 155 dargestellten aufgenieteten stählernen Umfassungsring *C*, am weiteren Ende einen aufgenieteten gußeisernen Kelch *A*, in welchen der Ring *C* eingeschoben werden kann. Als Dichtung liegt hinter dem Ring ein rund herumgehendes Bleirohr *D;* hinter diesem wiederum befindet sich ein lose aufgeschobener schmiedeiserner Ring *E*, welcher durch 20 hakenförmige Schraubbolzen *B*, die ringsherum verteilt sind, gegen das Bleirohr gepreßt wird, und auf diesem kalten Wege das Bleirohr zu einer Bleidichtung gestaltet. In die ganze Länge der Leitung von 1950 Meter wurden ferner 7 in Fig. 156 dargestellte biegsame Verbindungstellen eingeschaltet, welche ein Abweichen von 12 Grad nach jeder Richtung hin aus der Geraden gestatten; auf 1950 : 8 = rund 245 Meter kam je eine biegsame Verbindung. Diese besteht, von links nach rechts betrachtet, aus dem auf dem Rohr von 1372 Millimeter Durchmesser und 1251 Millimeter Länge aufgenieteten Stahlring *C*, dem lose aufgeschobenen Ring *E* und einer aufgenieteten gußeisernen Kugelzone am rechtseitigen Ende. Über der Kugel ist ein aus Winkelringen gebildeter, mit Stahlkelchrohr versehener Überschieber beweglich, der durch Eingießen von Blei in die unter den Winkelringen angenieteten Ringe von U-Eisen gedichtet wird. Der Kelch mit dem einen Winkelring wird von rechts nach links über die Kugel geschoben, der andere Winkelring von links nach rechts, beide Winkelringe werden dann mit Schrauben wie Flanschenrohre zusammengezogen. Das Stahlkelchrohr trägt auf der äußersten rechten Seite dann den aufgenieteten gußeisernen Kelch *A* mit den Hakenschrauben, und so ist dieses bewegliche Rohrstück von im ganzen 2.914 Millimeter = 1,828 Meter Länge wie die starren 35,403 Meter langen Rohrstränge mit den gleichen Verbindungsteilen versehen und kann in die Leitung an jedem passenden Stoß zwischen zwei starre Rohre eingefügt werden. Über die Art der eigentlichen Versenkung berichtet der Artikel weiter folgendes: „Bevor die einzelnen Rohre versenkt wurden, baute man ein starkes Floß aus Eichenhölzern, bestehend aus 2 Hälften von je 28,95 Meter Länge und 3,66 Meter Breite, die je in der Mitte einen 1,83 Meter breiten Längsschlitz hatten, über dem 3 hölzerne Gerüste mit Flaschenzügen errichtet wurden. Auf diesem Floß wurde der für den Einlauf des Wassers bestimmte Kasten erbaut, ein quadratischer hölzerner Kasten von 4,85 Meter Seite und 3,66 Meter Höhe, welcher einen kurzen Einlaufstutzen mit Kelch *A* (Fig. 155) am äußeren Ende enthält. Der Kasten wurde an seinen Bestimmungsort geflößt und dort zwischen Leitpfählen auf sein schon vorbereitetes Bruchsteinfundament versenkt. Alsdann wurde ein Rohrstück, dessen Endöffnungen wegen des Schwimmens mit Wachstuch verschlossen waren, ins Wasser gerollt, in die Mittelöffnung des Floßes gebracht und dort in den Flaschenzügen befestigt; nun wurden die Wachstuchverschlüsse entfernt, das Rohr füllte sich mit Wasser und wurde an den Flaschenzügen auf den Seegrund herabgelassen. Taucher befanden sich unten, die, bevor die Flaschenzüge gelöst wurden, das mit Dichtungsbleiring versehene Rohrende in den Kelch des Einlaufkastens einbrachten, die Hakenbolzen einzogen und mit den Schraubenmuttern die Verbindung fest herstellten. Die Flaschenzüge waren, um diese Arbeit zu ermöglichen, auf dem Floß auch in

der Längsrichtung verschiebbar hergerichtet. — Die Rohrverlegung mußte an besonders stürmischen Tagen unterbrochen werden; unter gewöhnlichen Umständen verlegten jedoch die Unternehmer an einem Tag ein Rohrstück von 35,403 Meter Länge."

Ein bemerkenswertes Beispiel der Verlegung von Leitungen mit Richtungsänderungen, ohne Zuhilfenahme von gelenkigen Rohrverbindungen, ist in [391 e] aufgenommen. Die völlig ausgebaute, aus 4 Rohrsträngen von je 1 Meter (unten 0,9 Meter) innerem Durchmesser bestehende Leitung Luzern-Engelberg ist aus Siemens-Martin-Flußeisenblechen, in Stärken von oben 8 Millimeter, nach unten zu um je 2 Millimeter bis 24,5 Millimeter zunehmend, mit zwei- bis dreireihiger versetzter Überlappungsnietung hergestellt; die Nietlöcher sind gebohrt, für die Flansche sind nahtlos gewalzte Winkelringe aus dem gleichen Material gewählt. Die Leitung hat mehrere Knickpunkte, wovon ein Teil nach Fig. 157 den Straßenkörper unterfährt, in welchen sie einbetoniert ist. Um die Richtung der Leitung genau einstellen zu können, sind ober- und unterhalb jedes Knickpunktes Doppelkeilringe nach Fig. 158 (Konstruktion von Gebr. Sulzer, Winterthur) eingeschaltet, welche durch geeignetes, mittels von außen eingeschraubter Dorne bewirktes Verdrehen der einerseits 60 bezw. 30, anderseits ca. 45 Millimeter dicken einzelnen Ringe eine ziemliche Abweichung der Rohrachse von der Geraden ermöglichen, ohne Bögen oder dergleichen anwenden zu müssen. Die gezeichnete Stellung der

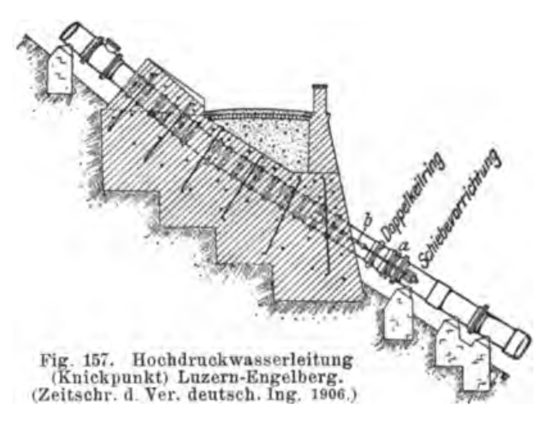


Fig. 157. Hochdruckwasserleitung (Knickpunkt) Luzern-Engelberg. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906.)

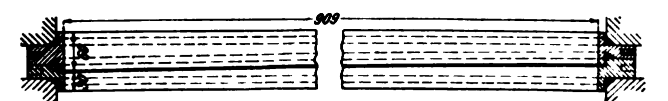


Fig. 158. Doppelkeilringe zur Einstellung der Richtung in den Knickpunkten der Leitung. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906.)

Ringe ergibt Parallelität der Endflächen für die Gerade, jede andere Stellung Divergenz für die Richtungsänderung. Zu Kurven dienen mehrere Keilringe aneinander.

Verbindungen an schmiedeisernen Röhren und Stahlröhren (Mannesmannröhren).

Schmiedeiserne (flußeiserne) und Stahlröhren werden in der Regel bei relativ hohem Flüssigkeitsdruck und für Rohrweiten über 1200 Millimeter Lichtweite verwendet. Normalien für die Verbindung der einzelnen Stücke bestehen nicht. In Rücksicht auf den hohen inneren Druck kommen in der Regel Flanschverbindungen oder Kombinationen zur Verwendung. Im nachfolgenden wird eine Anzahl üblicher Verbindungsweisen vorgeführt:

Die Fig. 159 bis 161 stellen Flanschverbindungen englischer genieteter schmiedeiserner oder Stahlröhren dar, bei welchen die Dichtung durch aufgenietete Winkelringe erfaßt wird. Bei Fig. 159 u. 160 erfolgt die Abdichtung durch festgeklemmte Scheiben, während Fig. 161 dieselbe durch einen eingepreßten Dichtungsring erzielt. — Die Muffenverbindungen Fig. 162 bis 164 werden in England bei genieteten oder geschweißten schmiedeisernen oder Stahlröhren verwendet. Die Abdichtung erfolgt hier nach eingelegtem Hanfzopf durch einen eingegossenen Bleiring ähnlich wie bei gußeisernen Muffenröhren. Nach Fig. 165 erfolgt die Verbindung der genieteten oder geschweißten Röhren durch aufgenietete Winkelflanschen, welche durch Scharnierbolzen zusammengezogen werden und durch Einpressen des Dichtungsmittels in die Ringnuten eine gute und leicht lösbare Rohrverbindung bilden. Fig. 166 zeigt eine französische Rohrverbindung, System Gilbaut (s. auch Fig. 134) für genietete Röhren von größerem Durchmesser (1,50 Meter). Auf die genieteten Röhren sind an den Enden geschweißte Ringe aufgenietet, über diese wird ein geschweißter Ring geschoben, welcher beim Anziehen der Flanschenschrauben die Dichtungsringe in die Nuten der Flanschen und gegen die Rohrenden preßt und so gegen außen abdichtet. — Entsprechend den Fig. 167 bis 171 werden die dünnwandigen Mannesmannröhren verbunden, wobei die Verbindungen

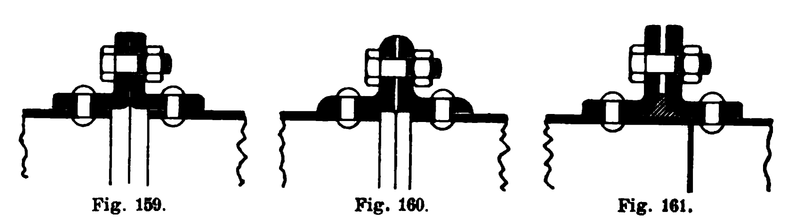


Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.
Englische Flanschverbindungen genieteter Röhren.

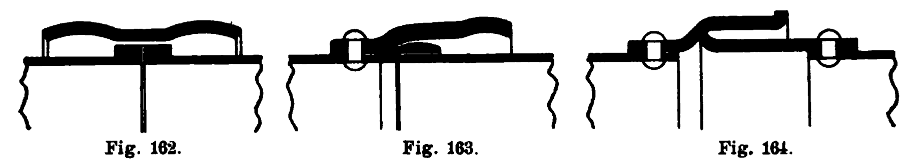


Fig. 162. Fig. 163. Fig. 164.
Englische Muffenverbindungen genieteter oder geschweißter Röhren.

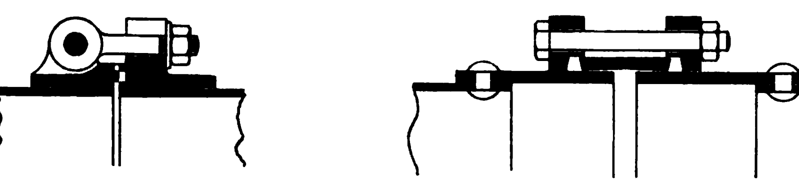


Fig. 165. Flanschenverbindung mit Scharnierbolzen.

Fig. 166. Rohrverbindung Gilbaut.

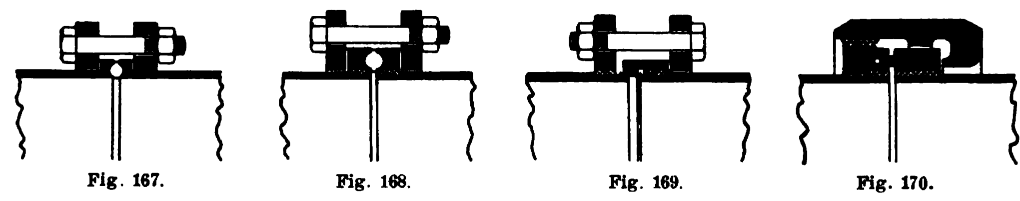


Fig. 167. Fig. 168. Fig. 169.
Verbindungen für dünnwandige Mannesmannröhren.

Fig. 170.
Verbindung Brandt.

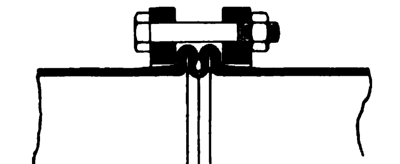


Fig. 171. Verbindung mit Doppelbördel.

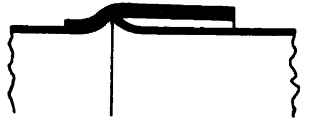


Fig. 172. Mannesmannmuffe mit Verstärkungsring.

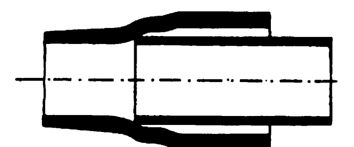


Fig. 173. Normale Mannesmannmuffenform.

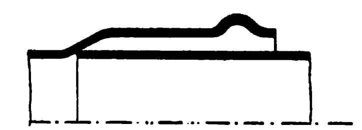


Fig. 174. Mannesmannmuffe mit ausgeweitetem Becher.

Fig. 159—174. Verbindungen schmiedeiserner Röhren.

Fig. 170, Patent Brandt, und Fig. 171 mit Doppelbördel für Rohrleitungen mit hohem Druck, bis 500 Atmosphären, geeignet sind. — Die Fig. 172 bis 174 zeigen Muffenverbindungen für Mannesmannröhren. Fig. 172 mit warm aufgezogenem Verstärkungsring wurde bei der Wasserversorgung von Komotau mit Vorteil bei ca. 20 Atmosphären Pressung verwendet. Bisweilen findet man bei schmiedeisernen Röhren größerer Lichtweiten am äußersten Ende des Muffenbechers einen geschweißten schmiedeisernen Verstärkungsring (bei 500 Millimeter lichter Weite zum Beispiel von Flacheisen 80 × 10) warm aufgezogen (vgl. die gußeiserne Muffe Fig. 88). — Fig. 173 ist die normale Muffenform für Mannesmannröhren, welche wie die normale gußeiserne Muffe gedichtet wird; Fig. 174 mit ausgeweitetem Muffenbecher, um das Herausschieben der Bleidichtung zu verhindern.

Zu den in Abt. I, S. 522 dargestellten Verbindungen von Bohrröhren durch Gewinde seien die normalen für Mannesmannröhren zugefügt: Fig. 175 mit aufgeweitetem Muffenende für gerades Spitzende, Fig. 176 mit zusammengezogenem Spitzende für gerades Muffenende und äußerer glatter Fläche, Fig. 177 mit glattem Spitz- und glattem Muffenende durch Reduktion der Wandstärke auf je die Hälfte (nur für schwache Beanspruchung), Fig. 178 mit Außengewinde und Doppelmuffe, Fig. 179 mit Innengewinde und Doppelnippel für äußere glatte Fläche.

Eine neue Flanschenverbindung speziell für hohen Druck wird von der Aktiengesellschaft Ferrum-Kattowitz O.-S. wie folgt beschrieben: Die bisher zuverlässigste Flanschenverbindung für Dampf-, Gas- und Wasserleitungsrohre mittels loser Flanschenringe besteht darin, daß man die Rohrenden mit angeschweißten Bunden versieht, welche durch hintergelegte lose Ringe mittels Schrauben aneinandergepreßt werden (Fig. 180). Es herrscht nun vielfach die Ansicht, wenn sich bei einer solchen Verbindung trotz guten Anziehens der Schrauben noch Undichtigkeiten zeigen, daß dieselben durch weiteres Anziehen der Schrauben beseitigt werden können. Hierbei werden die Schrauben sowohl wie die Flanschenringe meistens übermäßig beansprucht und infolgedessen letztere kalottenförmig deformiert, wobei auch die Schrauben sich verbiegen. Dieser Vorgang ist in Fig. 181 naturgetreu zum Ausdruck gebracht. Sobald nun diese Deformation eintritt, ist an ein zuverlässiges Abdichten der Verbindung nicht mehr zu denken, weil die Flanschenringe nur noch gegen die äußere Kante des Bundes gepreßt werden, statt die ganze Pressung gleichmäßig auf die hintere Bundseite bezw. Dichtung zu übertragen. Dieser Übelstand wird durch die neue Flanschenverbindung, Patent Janke (Fig. 182 u. 183), vermieden. Die losen Flanschenringe sind an ihrem äußeren Rande auf der einander zugekehrten Seite mit vorspringenden Ringen oder Zähnen versehen, welche, sobald die Verbindung normal abgedichtet ist, sich berühren. Sollte ein weiteres Nachziehen notwendig werden, so wirkt nunmehr die weiter ausgeübte Kraft direkt auf die Bünde und gleichmäßig auf die Dichtung. Dieser gleichmäßig ausgeübte Druck gestattet, die Bünde schwächer zu wählen bezw. ganz wegfallen zu lassen und durch einfache Bördel zu ersetzen (Fig. 183). Die neue Flanschenverbindung ist auch in dieser letzten Ausführung für jedes Dichtungsmaterial, wie Pappe, Gummi oder Metall, geeignet. Ferner bietet die Flanschenverbindung bei Dampfleitungen den nicht unwesentlichen Vorteil, daß beim Herausfliegen einer Dichtung Dampf in größeren Mengen nicht austreten kann, wodurch manches größere Unglück vermieden wird. Zu diesem Zwecke sind die Flanschenringe bei Dampfleitungen mit ringsum geschlossenen Ansätzen versehen. Bei Gas- und Wasserleitungen werden statt der geschlossenen Ansatzringe einzelne Zähne, um die Dichtung selbst äußerlich beobachten zu können, stehen gelassen. Diese Ausführung hat bei Röhren, welche in die Erde versenkt oder an später unzugänglichen Orten montiert werden, noch den Vorteil, daß man die am äußeren Umfang geschaffenen Öffnungen zum Vergießen des inneren Hohlraumes der Flanschenringe mit Zement oder Blei etc. benutzen kann, wodurch man eine doppelte Dichtung schafft, welche die Garantie für dauernde Haltbarkeit wesentlich erhöht. Einen weiteren nicht zu unterschätzenden Vorteil besitzt die Flanschenverbindung darin, daß die losen Flanschenringe, ohne an Wirkungsweise zu verlieren, ebensogut aus 2 Teilen hergestellt werden können, indem sie gegenseitig um 90 Grad versetzt zusammengeschraubt werden. Man kann daher vorhandene Leitungen, welche mit Bünden und losen Flanschen versehen sind, aber mangelhaft dichten, nachträglich mit den Flanschen Patent Janke versehen.

Um sich von der Sicherheit und dem guten Abdichten der neuen Flanschenverbindung Gewißheit zu verschaffen, wurden 2 Rohre von 200 Millimeter Durchmesser und 6 Millimeter Wandstärke mit Bördel und Patentringen versehen (Fig. 184 u. 185). Die Rohre wurden mit einem rohen Bleiring als Dichtungsmaterial zusammengeschraubt. Die Bördel waren auf der Dichtungsfläche glatt, d. h. ohne Dichtungsrillen, aber unbearbeitet, wie solche direkt die Schmiede verlassen. Bei einem Wasserdruck von 30 Atmosphären zeigte sich keine Spur von Undichtigkeiten. Es wurden jetzt die zusammengeschraubten, unter 30 Atmosphären Druck sich befindenden Rohre an einem Ende ca. 1 Meter hoch gehoben und verschiedene Male auf den Unterstützungsbock zurückfallen gelassen, wobei die Verbindung vollkommen dicht blieb. Sodann wurde der Druck bis auf 40 Atmosphären gesteigert, ohne die Schrauben nachzuziehen; auch bei diesem Druck

Fig. 175—179.
Verbindungen von Mannesmann-Bohrröhren.

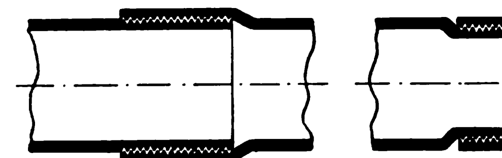


Fig. 175. Glattes Spitzende. Fig. 176. Glattes Muffenende.

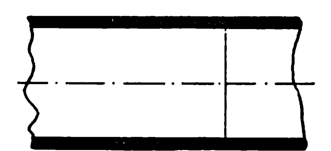


Fig. 177. Glattes Spitz- und Muffenende.

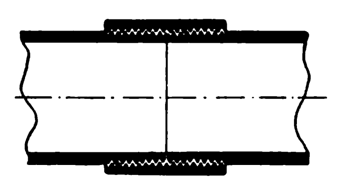


Fig. 178. Doppelmuffe mit Außengewinde.

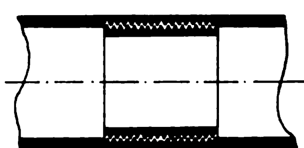


Fig. 179. Doppelnippel mit Innengewinde.

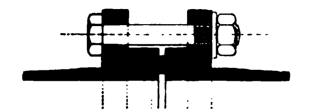


Fig. 180. Gewöhnliche Verbindung.

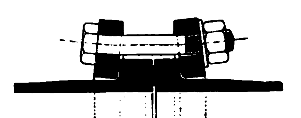


Fig. 181. Verbindung mit deformierten Schrauben.

Fig. 180—185.
Zu Flanschenverbindungen Pat. Janke.

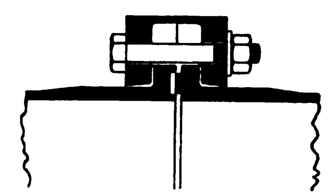


Fig. 182. Verbindung Janke mit Bünden.

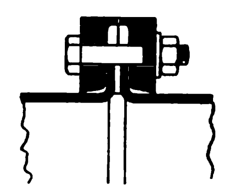


Fig. 183. Verbindung Janke mit Bördel.



Fig. 184. Äußere Ansicht einer Flanschenverbindung Janke.

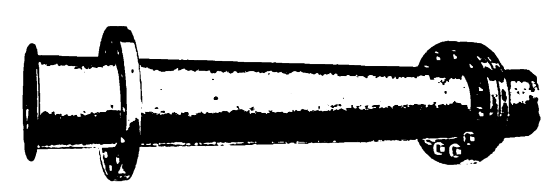


Fig. 185. Flanschenverbindung Janke an einem schmiedeisernen Rohr mit Bördel und losem Flanschring.

erwies sich die Verbindung vollkommen dicht. Um nun das Verhalten der Flanschenverbindung auch bei Verwendung anderer Dichtungsmaterialien kennen zu lernen, wurde der Druck abgelassen und statt der Bleidichtung Gummidichtung eingesetzt. Als sich bei einem Druck von 40 Atmosphären wiederum keine Undichtigkeit zeigte, wurden diesmal die Rohre unter diesem Druck, wie vorhin beschrieben, erschüttert, ohne undicht zu werden. Nachdem diesmal die nötigen Vorsichtsmaßregeln getroffen, wurde der Druck weiter gesteigert, ohne die Schrauben nachzuziehen. Eine Untersuchung der Rohre ergab bei 60 Atmosphären noch vollkommene Dichtigkeit der Verbindung. Erst bei 65 Atmosphären fing die Dichtung an einer Stelle an zu schwitzen, und zwar, wie die Untersuchung ergab, durch mangelhaftes Anziehen einer Schraube.

Die Firma L. & C. Steinmüller in Gummersbach fertigt nachstehende Flanschenverbindungen für schmiedeiserne und Stahlröhren an:

Nach den Normalien I (Ver. d. Gas- u. Wasserfachm. 1882) für einen Betriebsdruck bis 7 Atmosphären. Die Konstruktion und die Abmessungen entsprechen den alten, vom Ver. deutsch. Ingen. und dem Ver. deutsch. Gas- u. Wasserfachm. aufgestellten Normalien. Die Verbindungsteile werden in zwei Ausführungen geliefert, als einfache feste Flanschen mit glatten Dichtungsflächen (Fig. 186) und lose Flanschen und feste Bordringe mit glatten Dichtungsflächen (Fig. 187).

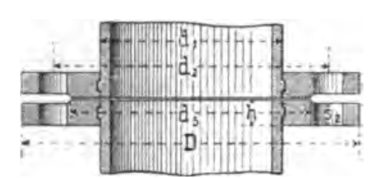


Fig. 186. Fester Flansch.

Fig. 186 u. 187. Normalien I. (Steinmüller.)

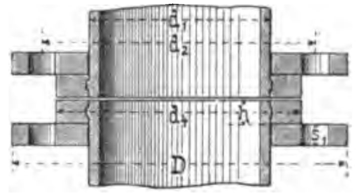


Fig. 187. Bordring und loser Flansch.

	Lichte Weite der Leitung		30	35	40	45	50	55	60	65	70	80
	Bohrung, Durchmesser d_1	mm	38	41	44	51	57	60	63	70	76	89
	Flanschen, „ D	„	120	130	140	150	160	170	175	180	185	200
	Lochkreis, „ d_2	„	90	100	110	115	125	130	135	140	145	160
	Höhe der Walzfläche h	„	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Schrauben, Anzahl		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	„ Stärke	engl. Zoll	$^1/_2$	$^1/_2$	$^1/_2$	$^5/_8$	$^5/_8$	$^5/_8$	$^5/_8$	$^5/_8$	$^5/_8$	$^5/_8$
Fester Flansch Fig. 186	Dichtfläche d_5	mm	75	85	96	98	108	113	118	123	128	138
	Flanschenstärke s_2	„	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12
	Preis	Mark	1,65	1,75	1,85	1,90	2,05	2,30	2,40	2,60	2,85	3,10
Bordring und loser Flansch Fig. 187	Bordring, Durchm. d_4	mm	75	85	96	98	108	113	118	123	128	138
	Flanschenstärke s_1	„	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12
	Preis	Mark	1,90	2,00	2,15	2,30	2,50	2,85	3,05	3,40	3,55	3,80

	Lichte Weite der Leitung		90	100	110	120	130	140	150	175	200
	Bohrung, Durchmesser d_1	mm	95	108	121	127	140	146	159	178	216
	Flanschen, „ D	„	215	230	245	260	275	285	290	320	350
	Lochkreis, „ d_2	„	170	180	195	210	225	235	240	270	300
	Höhe der Walzfläche h	„	18	22	22	22	22	22	24	26	28
	Schrauben, Anzahl		4	4	4	4	6	6	6	6	6
	„ Stärke	engl. Zoll	$^5/_8$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$
Fester Flansch Fig. 186	Dichtfläche d_5	mm	148	158	173	187	202	212	218	245	275
	Flanschenstärke s_2	„	12	12	14	14	14	14	16	16	16
	Preis	Mark	3,35	3,70	4,15	5,00	5,60	6,20	6,95	8,05	8,95
Bordring und loser Flansch Fig. 187	Bordring, Durchm. d_4	mm	148	158	173	187	202	212	218	245	275
	Flanschenstärke s_1	„	12	12	14	14	14	14	16	16	16
	Preis	Mark	4,00	4,35	5,20	6,20	7,45	8,25	8.75	10,35	11.70

Nach Normalien II (Steinmüller) für einen Betriebsdruck von 7 bis 15 Atmosphären. In Anbetracht dessen, daß die alten Normalien diesem hohen Druck moderner Dampfanlagen nicht entsprechen, stellte man, lange bevor der Ver. deutsch. Ingen. seine Hochdrucknormalien veröffentlichte, bereits neue Normalien auf. Aus praktischen Gründen behielt man, abweichend vom Ver. deutsch. Ingen., den Flansch- und Lochkreisdurchmesser der alten Normalien bei, verstärkte dagegen die Flanschen und vermehrte die Anzahl der Verbindungsschrauben. Die Normalien II aufzugeben, lag keine Veranlassung vor, da sie sich seit vielen Jahren für hohen Druck tadellos bewährt haben, im Preise wesentlich billiger sind als diejenigen des Ver. deutsch. Ingen. bei derselben Ausführung und gleichem Material und außerdem den wesentlichen Vorzug vor jenen besitzen, in vorhandenen alten Leitungen verwendet und ohne jede Schwierigkeit an Fassonstücke, Ventile etc. angeschlossen werden zu können. Norm II wird in vier Ausführungen angefertigt, und zwar als feste Flanschen mit glatten Dichtungsflächen (Fig. 188) und feste Flanschen mit Ansatz und Eindrehung (Fig. 189), lose Flanschen und feste Bordringe mit glatten Dichtunvsflächen (Fig. 190) und lose Flanschen und feste Bordringe mit Ansatz und Eindrehung (Fig. 191).

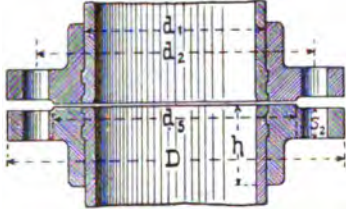


Fig. 188. Fester glatter Flansch.

Fig. 188—191. Normalien II. (Steinmüller.)

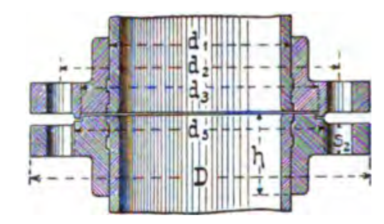


Fig. 189. Fester eingedrehter Flansch.

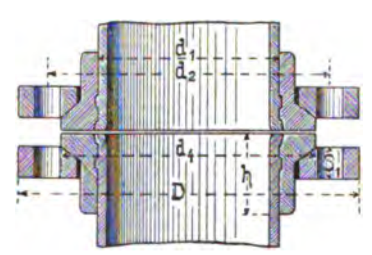


Fig. 190. Loser Flansch mit glattem Bordring.

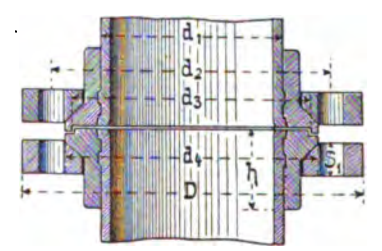


Fig. 191. Loser Flansch mit eingedrehtem Bordring.

	Lichte Weite der Leitung	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80
	Bohrung, Durchmesser d_1 . . mm	38	41	44	51	57	60	63	70	76	89
	Flanschen, „ D . . „	120	130	140	150	160	170	175	180	185	200
	Lochkreis, „ d_2 . . „	90	100	110	115	125	130	135	140	145	160
	Höhe der Walzfläche h . . . „	34	36	38	40	42	44	45	46	47	49
	Eindrehung, Durchmesser d_3 . „	66	80	90	91	100	105	110	116	121	130
	Schrauben, Anzahl	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6
	„ Stärke . . . . engl. Zoll	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Fest. Flansch Fig. 188 u. 189	Dichtfläche, Durchmesser d_5 mm	75	85	96	98	108	113	118	123	128	138
	Flanschenstärke s_2 . . . „	12	12	14	14	16	16	17	17	18	19
	Preise mit glatten Dichtfl. Mark	2,15	2,20	2,40	2,65	2,90	3,25	3,50	3,80	4,10	4,40
	„ „ Eindrehung . . „	2,25	2.35	2.50	2,80	3,00	3,40	3,60	3.90	4,20	4,50
Bordring mit losem Flansch Fig. 190 u. 191	Bordring, Durchmesser d_4 mm	75	85	96	98	108	113	118	123	128	138
	Flanschenstärke s_1 . . „	16	16	17	17	18	18	19	19	20	22
	Preise mit glatten Dichtfl. Mark	2,20	2,30	2,50	2.85	3.00	3,30	3,55	3,85	4,10	4,50
	„ „ Eindrehung . „	2.35	2,40	2.60	3,00	3,10	3,40	3,65	3,95	4.20	4,60

Lichte Weite der Leitung	90	100	110	120	130	140	150	175	200
Bohrung, Durchmesser d_1 . . mm	95	108	121	127	140	146	159	178	216
Flanschen, „ D . . „	215	230	245	260	275	285	290	320	350
Lochkreis, „ d_2 . . „	170	180	195	210	225	235	240	270	300
Höhe der Walzfläche h . . . „	51	54	56	58	60	65	71	75	78
Eindrehung, Durchmesser d_3 . „	140	151	166	181	195	205	210	235	260
Schrauben, Anzahl	6	6	6	8	8	8	8	8	8
„ Stärke . . . engl. Zoll	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^7/_8$	$^7/_8$
Fest. Flansch Fig. 188 u. 189									
Dichtfläche, Durchmesser d_5 mm	148	158	173	187	202	212	218	245	275
Flanschenstärke s_2 . . . „	20	21	22	22	23	23	24	25	26
Preise mit glatten Dichtfl. Mark	4,90	5,60	6,80	7,85	9,40	10,30	11,00	12,80	15,25
„ „ Eindrehung . „	5,00	5,80	7,00	8,05	9,45	10,50	11,20	13,20	15,45
Bordring mit losem Flansch Fig. 190 u. 191									
Bordring, Durchmesser d_4 mm	148	158	173	187	202	212	218	245	275
Flanschenstärke s_1 . . „	23	24	25	27	27	28	28	33	35
Preise mit glatten Dichtfl. Mark	4,90	5,65	6,85	8,00	9,50	10,45	11,10	13,30	15,75
„ „ Eindrehung . „	5,05	5,85	7,05	8,20	9,55	10,65	11,30	13,70	15,95

Nach Normalien III (Ver. deutsch. Ingen. 1900) für einen Betriebsdruck von 15 bis 20 Atmosphären. Norm III entspricht vollkommen den neuen, vom Ver. deutsch. Ingen. in dessen Zeitschrift, Jahrgang 1900, S. 1481 veröffentlichten Hochdrucknormalien, welche, von 90 Millimeter lichter Weite ab größere Flanschen- und Lochkreisdurchmesser annehmen als die Normalien I und II. Norm III wird gleichfalls in vier Ausführungen angefertigt, und zwar als feste Flanschen mit glatten Dichtungsflächen, wie Fig. 188, lose Flanschen und feste Bordringe mit glatten Dichtungsflächen, wie Fig. 190, feste Flanschen mit eingedrehter Nut und Feder (Fig. 192) und lose Flanschen und feste Bordringe mit eingedrehter Nut und Feder (Fig. 193).

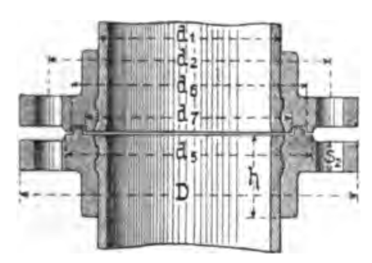


Fig. 192. Fester Flansch mit Nut und Feder.

Fig. 192 u. 193. Normalien III. (Steinmüller.)

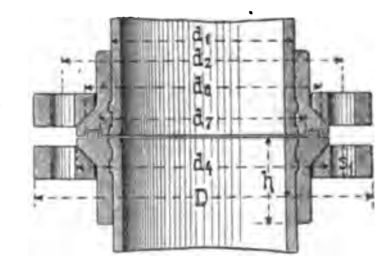


Fig. 193. Loser Flansch und fester Bordring mit Nut und Feder.

Lichte Weite der Leitung	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200
Bohrung, Durchmesser d_1 . . mm	38	44	57	63	76	89	95	108	133	159	191	216
Flanschen, „ D . . „	125	140	160	175	185	200	220	240	270	300	330	360
Lochkreis, „ d_2 . . „	95	110	125	135	145	160	180	190	220	250	280	310
Höhe der Walzfläche h . . . „	34	38	42	45	47	49	51	54	60	71	75	78
Nut, äußerer Durchmesser d_6 . „	64	76	88	100	110	121	132	150	176	204	234	264
„ innerer „ d_7 . „	48	60	72	84	94	105	116	128	154	182	212	242
Schrauben, Anzahl . . . . „	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	10	12
„ Stärke . . . engl. Zoll	$^1/_2$	$^1/_2$	$^5/_8$	$^5/_8$	$^5/_8$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^3/_4$	$^7/_8$	$^7/_8$	$^7/_8$

	Lichte Weite der Leitung	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200
Fest. Flansch Fig. 188 u. 192	Dichtfläche, Durchmesser d_5 mm	75	96	108	118	128	138	148	158	190	218	250	275
	Flanschenstärke s_2 . . . „	12	14	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26
	Preise mit glatter Dichtfl. Mark	2,15	2,40	2,90	3,50	4,10	4,50	4,95	5,85	8,60	11,20	13,85	15,45
	„ „ Nut und Feder „	2,30	2,50	3,00	3,60	4,20	4,60	5,05	5,95	8,80	11,40	14,05	15,65
Bordring mit losem Flansch Fig. 190 u. 193	Bordring, Durchmesser d_4 mm	75	96	108	118	128	138	148	158	190	218	250	275
	Flanschenstärke s_1 . . „	16	17	18	19	20	22	23	24	28	32	37	40
	Preise mit glatter Dichtfl. Mark	2,20	2,50	3,00	3,55	4,10	4,60	4,95	5,95	8,85	11,50	14,45	16,35
	„ „ Nut und Feder „	2,35	2,60	3,10	3,65	4,20	4,70	5,05	6,05	9,05	11,70	14,65	16,55

Bei schmiedeisernen Röhren bis zu 200 Millimeter lichter Weite werden die Bordringe mit der Maschine aufgewalzt, bei Röhren mit größerem Durchmesser werden sie aus praktischen Gründen aufgenietet. Im allgemeinen empfiehlt sich, besonders für hohen Druck, die Anwendung von Dichtungsflächen mit Ansatz und Eindrehung, wie in Fig. 189 u. 191 dargestellt. Die Röhren können bei dieser Anordnung leicht und gut zentriert werden, und außerdem gestattet dieselbe die Verwendung aller nichtmetallischen Dichtungsmaterialien, Gummi, Hanf etc., die besser als die metallischen einem Tropfen der Verbindungsstellen vorbeugen, während der äußere Rand das Herausschleudern der Dichtung verhindert. Bei glatten Dichtungsflächen sind Dichtungsringe erforderlich, welche in sich genügende Festigkeit besitzen, um ein Zerreißen und Herausschleudern durch den hohen Druck unmöglich zu machen. Derartige Ringe sind aber verhältnismäßig teuer in der Anschaffung, und demgegenüber kommen die geringen Mehrkosten der Eindrehung der Flächen kaum in Betracht. Die Normalien III werden auch mit der vom Ver. deutsch. Ingen. vorgesehenen Nut und Feder ausgeführt.

Mannesmann-Flanschenrohrverbindungen zeigen die Fig. 194 bis 197; Fig. 194 umgebördelte Rohrenden und lose glatte Flanschen; Fig. 195 umgebördelte Rohrenden und lose ineinandergreifende Flanschen. Diese einfachen Bördelverbindungen mit zwischengelegtem Dichtungsring genügen für gewöhnliche Leitungen mit niederen Drücken bis 20 Atmosphären; das Um-

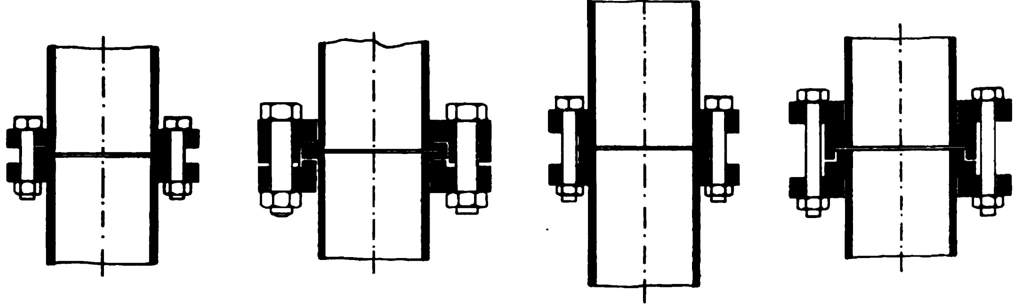


Fig. 194. Borde mit losen glatten Flanschen. Fig. 195. Borde mit losen ineinandergreifenden Flanschen. Fig. 196. Aufgelötete glatte Bünde. Fig. 197. Aufgelötete ineinandergreifende Bünde.

Fig. 194—197. Mannesmann-Flanschenrohrverbindungen.

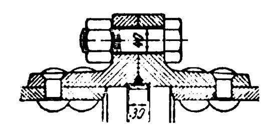


Fig. 198. Bauart Bell & Co.

Fig. 198 u. 199. Flanschenverbindungen der Hochdruckwasserleitung Luzern-Engelberg. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1520.)

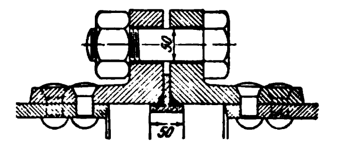


Fig. 199. Bauart Gebr. Sulzer.

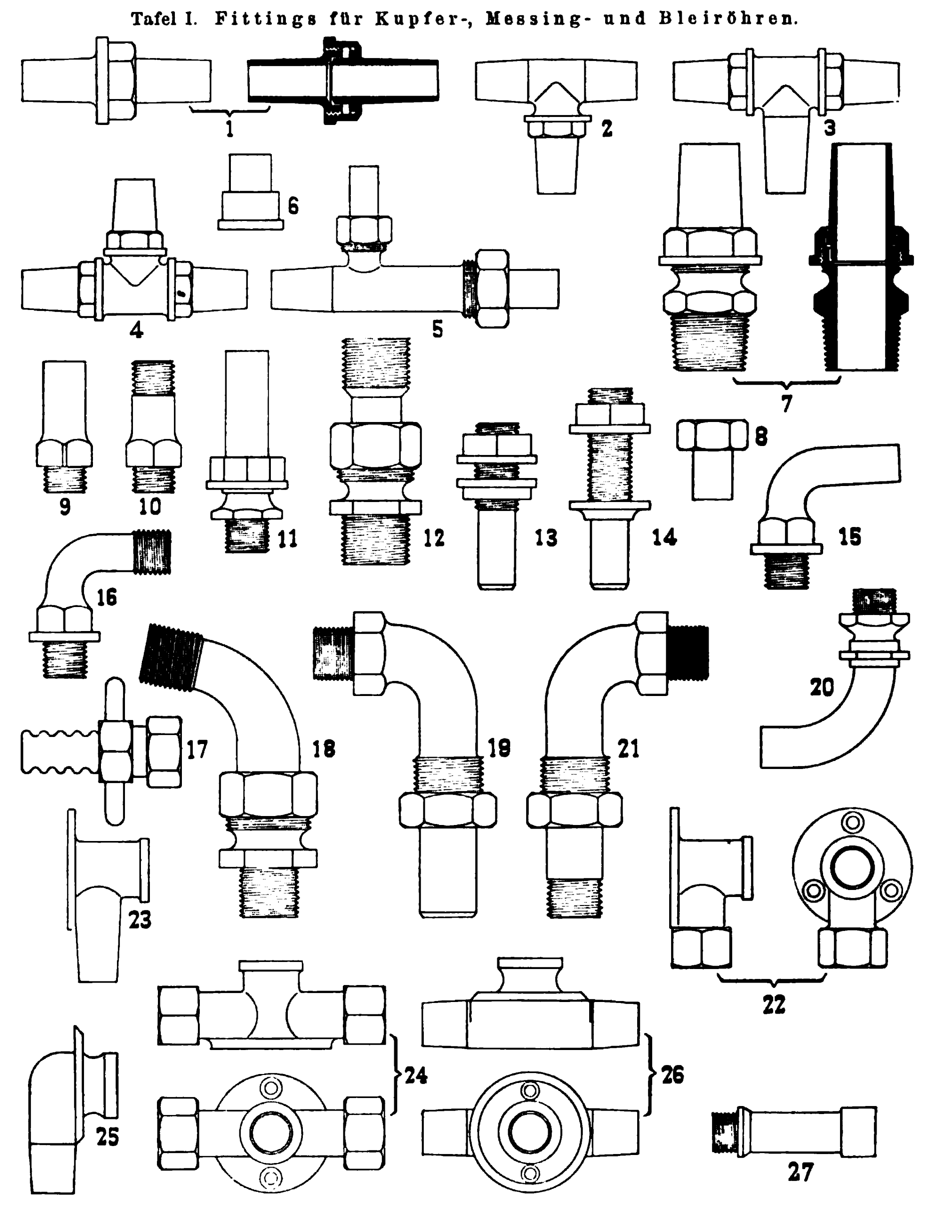
bördeln der Rohrenden wird mittels hydraulischer Pressen bewirkt; Fig. 196 aufgelötete glatte Bünde und lose glatte Flanschen; Fig. 197 aufgelötete ineinandergreifende Bünde und lose glatte Flanschen. Für dieselben Zwecke wie die vorhin beschriebenen Verbindungen dienen diese mit aufgelöteten Bünden, welche vor den Borden nur das voraus haben, daß sie widerstandsfähiger bei etwaigen Bewegungen des Rohrstranges sind, da der Bund wesentlich stärker hergestellt werden kann als der aus der gleichen Wandstärke wie das Rohr gewalzte Bord. — In Fig. 198 u. 199

sind zwei bemerkenswerte Flanschenrohrverbindungen der Hochdruckwasserleitung [391 e] mit 1000 Millimeter innerem Durchmesser dargestellt. Rohre und Winkelringe aus Siemens-Martin-Flußeisen, erstere mit gebohrten Nietlöchern in zwei- bis dreireihiger versetzter Überlappungsnietung, letztere aus nahtlos gewalzten Ringen hergestellt. Die Flanschdichtung Fig. 198 ist im oberen Teil der Leitung (nach einer Bauart von Theod. Bell & Co. in Kriens) mit einem durch einen Flacheisenring gehaltenen Kautschukring, im unteren Teil Fig. 199 (nach einer Bauart von Gebr. Sulzer in Winterthur) mit einem zwischen die abgefasten Flansche eingesetzten ⊥-Ring mit beiderseitigen Kautschukschnüren hergestellt; in beiden Fällen sind die Dichtungseinlagen gegen parallel zur Achse gerichtete Kräfte (Abscheuern durch sandhaltiges strömendes Wasser) geschützt. Um die Dichtungen auswechseln zu können, sind an den Knickpunkten der Leitung (vgl. Fig. 157) besonders konstruierte Kompensationsvorrichtungen eingebaut.

Fittings (Ausrüstungsgegenstände).

Unter diesem englischen Namen sind im Handel zahlreiche Einzelteile für Rohrleitungen eingeführt, die meist zu Installationszwecken innerhalb der Gebäude dienen

Tafel I. Fittings für Kupfer-, Messing- und Bleiröhren.



Nettopreisliste für verzinkte Fittings

Preise für

Innerer Rohrdurchmesser	in engl. Zoll	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4
	in Millimeter	3	6	10	13	20	25	32
Äußerer Rohrdurchmesser	in Millimeter	10	13	16,5	20,5	26,5	33	42
1. Kreuzstücke	Mark	0,40	0,40	0,45	0,55	0,70	0,85	1,15
2. ⊤-Stücke	„	0,25	0,25	0,25	0,30	0,35	0,40	0,60
3. ⊤-Stücke mit reduziertem Durchgang	„	0,25	0,25	0,30	0,30	0,40	0,45	0,65
4. Knie- oder Winkelstücke	„	0,25	0,25	0,30	0,30	0,40	0,45	0,60
5. Gerade Muffen	„	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,11	0,15
6. Absatzmuffen	„	0,08	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22
7. Kappen	„	0,08	0,08	0,08	0,12	0,14	0,20	0,30
8. Innere Muffen oder Nippel	„	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10	0,15
9. Brunnenrohrmuffen	Länge in Millimeter	30	35	35	40	45	50	60
	Preis . . . Mark	0,11	0,11	0,11	0,14	0,17	0,19	0,25
10. Stopfen	„	0,07	0,07	0,07	0,10	0,12	0,15	0,20
11. 12. Reduktionsstücke sechskantig und rund	„	—	—	—	0,45	0,50	0,60	0,80
13. 14. Doppelnippel	Länge in Millimeter	35	35	35	40	40	50	60
	Preis . . . Mark	0,50	0,50	0,50	0,55	0,65	0,75	1,05
15. Doppelnippel aus Rohr	„	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,25	0,35
16. 18. Rohrverschraubungen	„	0,60	0,60	0,70	0,85	1,10	1,60	1,90
17. Reduzierte Muffen	„	—	—	—	0,20	0,20	0,25	0,30
Äußerer Durchmesser der Muffen	Millimeter	—	—	23	28	35	43	53
Länge der Muffen	„	—	—	31	35	40	45	55
19. Muffen mit Rechts- und Linksgewinde	Mark	—	—	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08
20. Desgl. mit Sechskant	„	—	—	0,06	0,07	0,09	0,10	0,13
Schenkellänge der f. Verbindungsstücke	Millimeter	—	—	39	44	49	55	65
21. Kniestücke	Mark	—	—	0,35	0,40	0,50	0,70	0,80
22. Kreuzstücke	„	—	—	0,50	0,70	0,85	1,10	1,30
23. ⊤-Stücke	„	—	—	0,30	0,40	0,55	0,65	0,70
24. Runde Ansatzflanschen	Durchmesser . . . in Millimeter	60	60	75	86	99	112	124
	Lochkreisdurchmesser „ „	45	45	54	64	73	80	93
	Preis ohne Löcher . . . . Mark	0,22	0,22	0,24	0,29	0,33	0,39	0,50
	Desgl. extra stark . . . . „	0,41	0,41	0,41	0,45	0,55	0,65	0,75
25. Ovale Flanschen	Länge in Millimeter ca.	75	75	75	75	90	110	120
	Breite „ „ „	45	45	45	45	55	65	70
	Preis . . . . Mark	0,20	0,20	0,22	0,28	0,30	0,35	0,40
26.—30. Perkins-Fittings	„	—	—	—	—	—	—	—
31. Doppelbogen	Maß A . . in Millimeter	52	58	70	80	90	100	125
	„ B . . „ „	60	60	70	80	90	100	125
	Preis inkl. 1 Muffe Mark	0,45	0,45	0,50	0,60	0,75	1,10	1,80
32. 33. Bogenstücke	Schenkellänge in Millimeter	80	80	80	80	100	120	145
	Preis inkl. 1 Muffe Mark	0,22	0,22	0,25	0,30	0,35	0,55	0,90
34. Bogen mit Rohrverschraubung	„	0,95	0,95	1,10	1,40	1,80	2,25	3,05
35. Bogen mit langem Gewinde	„	0,25	0,27	0,35	0,45	0,50	0,70	1,05
36. Langgewinde	Länge in Millimeter		100—150			150—170		
	Preis . . . Mark	0,27	0,27	0,30	0,40	0,50	0,65	0,95
37. Röhren mit Muffe und Gewinde für 1 Meter	„	0,30	0,30	0,36	0,45	0,60	0,85	1,20

und Wasserleitungsröhren.

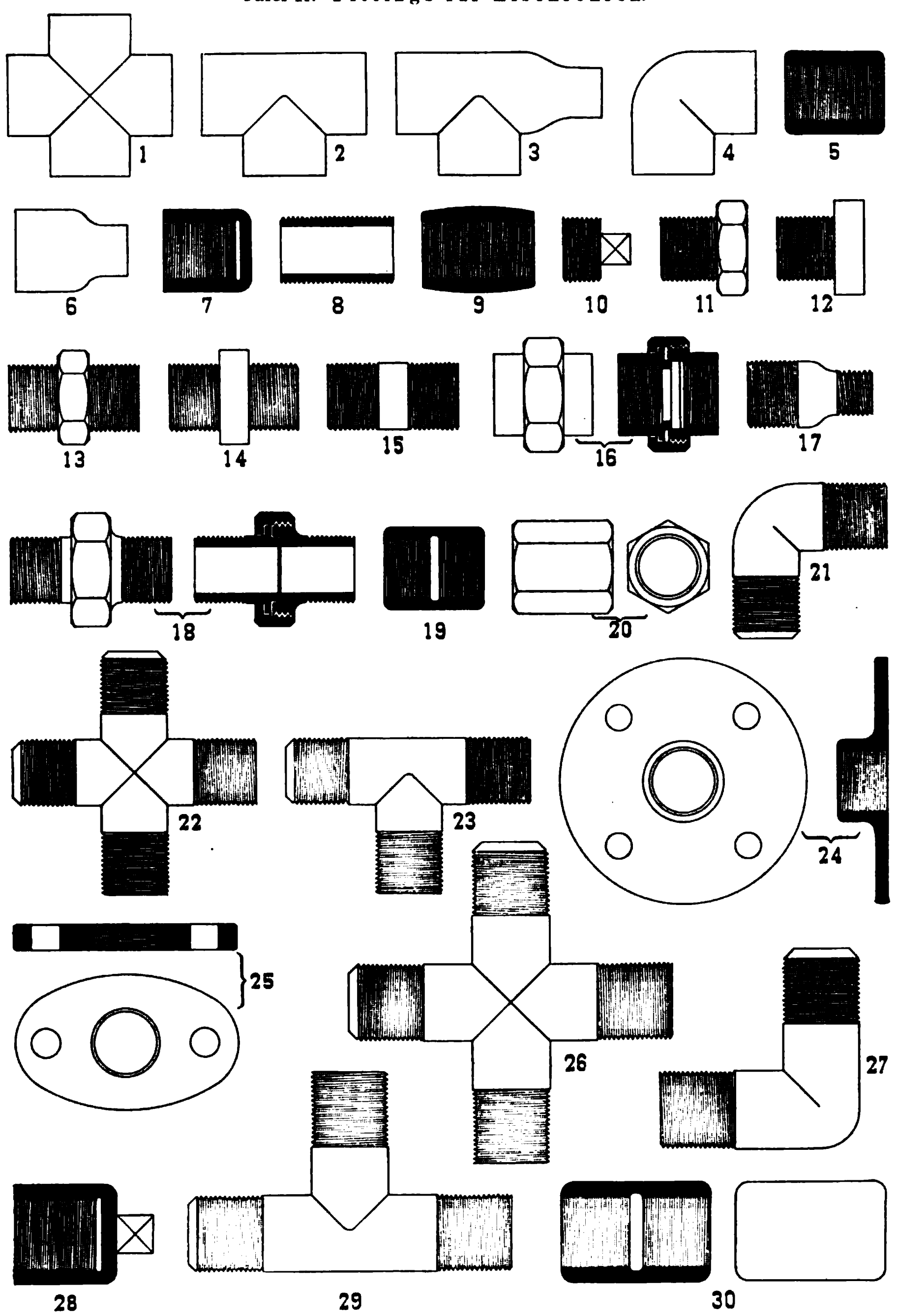
ein Stück.

1½	1¾	2	2¼	2½	2¾	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7
38	44	51	57	63	70	76	89	102	115	127	140	152	165	178
47,7	51,7	59	69	76	81	89	101	114	127	140	152	165	178	191
1,40	1,70	2,20	3,95	6,05	7,90	11,30	15,80	18,95	49,25	62,00	79,00	98,70	110,00	132,00
0,70	0,90	1,20	1,85	2,70	3,50	4,60	6,75	8,40	21,80	27,50	35,00	43,70	48,10	60,50
0,80	1,00	1,30	2,00	2,95	3,85	5,10	7,40	9,25	24,00	30,20	38,50	47,90	52,50	66,00
0,75	1,00	1,30	1,90	2,85	3,70	4,80	7,10	9,00	21,20	26,80	33,80	42,20	46,80	57,80
0,21	0,26	0,30	0,50	0,70	0,85	1,00	1,40	1,70	2,90	4,55	6,30	8,25	12,40	17,90
0,25	0,35	0,40	0,65	0,95	1,15	1,40	2,00	2,55	7,05	9,90	13,00	15,60	18,00	26,10
0,35	0,45	0,55	0,85	1,20	1,50	1,70	2,75	3,00	7,10	8,50	10,60	12,70	—	—
0,20	0,25	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,25	1,55	3,95	5,10	5,90	7,35	13,20	16,50
67	71	75	80	85	90	105	110	130	145	160	175	185	200	210
0,30	0,40	0,45	0,60	0,95	1,10	1,40	2,10	2,70	4,80	6,75	9,50	12,40	15,10	20,60
0,25	0,30	0,35	0,55	0,70	1,00	1,35	2,00	2,90	6,20	8,50	11,00	13,60	16,50	24,80
1,05	1,20	1,25	1,45	1,60	1,90	2,20	3,30	4,95	—	—	—	—	—	—
60	70	70	80	80	85	90	100	100	—	—	—	—	—	—
1,20	1,60	1,95	2,95	3,85	4,70	5,40	6,60	7,80	—	—	—	—	—	—
0,45	0,60	0,70	1,20	1,60	2,10	2,50	3,20	3,90	—	—	—	—	—	—
2,25	2,55	2,85	4,25	4,90	5,65	6,35	7,75	9,90	13,50	18,60	23,75	29,60	44,00	49,50
0,35	0,50	0,60	0,80	1,10	1,40	1,65	2,20	2,75	—	—	—	—	—	—
61	65	73	84	92	100	105	116	131	—	—	—	—	—	—
60	62	64	72	85	92	95	100	110	—	—	—	—	—	—
0,09	0,12	0,14	0,25	0,30	0,34	0,41	0,66	0,85	—	—	—	—	—	—
0,15	0,20	0,23	0,41	0,47	0,51	0,62	1,05	1,40	—	—	—	—	—	—
72	76	83	90	101	107	117	125	137	—	—	—	—	—	—
1,00	1,35	1,50	2,05	3,00	4,20	5,10	6,75	8,50	—	—	—	—	—	—
1,40	1,80	2,10	2,95	5,10	6,60	9,10	12,40	14,50	—	—	—	—	—	—
1,00	1,20	1,50	1,90	2,90	3,85	4,75	6,30	8,20	—	—	—	—	—	—
138	141	150	165	173	180	190	203	220	240	255	270	290	300	320
104	106	115	125	135	140	145	160	180	195	210	225	245	255	270
0,55	0,65	0,80	1,15	1,40	1,90	2,40	2,80	3,25	4,50	5,10	6,50	7,60	11,00	13,75
0,85	0,95	1,10	1,50	1,95	2,50	3,00	3,60	4,15	5,00	6,05	8,00	9,90	13,80	16,60
125	125	150	160	170	175	190	200	220	—	—	—	—	—	—
85	85	95	105	115	120	135	150	175	—	—	—	—	—	—
0,45	0,50	0,70	1,05	1,40	1,90	2,35	2,90	3,30	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
140	160	180	230	270	300	350	450	500	550	670	—	—	—	—
140	160	180	195	230	260	305	400	445	485	600	—	—	—	—
2,15	2,85	3,30	5,60	7,90	9,90	11,80	16,40	21,30	52,40	69,00	88,50	98,50	—	—
160	170	180	230	250	260	300	360	410	500	600	700	800	—	—
1,10	1,40	1,65	2,80	3,95	4,95	6,20	8,20	10,65	26,20	34,30	44,30	49,00	—	—
3,60	4,15	4,45	6,90	8,90	10,50	12,20	16,60	19,00	25,60	32,80	44,50	52,40	—	—
1,25	1,60	1,90	3,50	4,60	5,80	6,95	9,50	13,00	—	—	—	—	—	—
170—260				260—320			320—400		—	—	—	—	—	—
1,25	1,50	1,65	2,45	3,15	3,70	3,95	5,00	5,60	7,65	8,90	10,65	15,80	—	—
1,50	1,80	1,90	2,70	3,25	3,50	3,80	4,85	5,90	—	—	—	—	—	—

und aus Schmiedeisen, schmiedbarem Guß (Temperguß), Messing, Bronze und anderen Metallen hergestellt werden.

Auf Tafel I (S. 119) sind die Rohrverschraubungsteile für Kupfer-, Messing- und Bleiröhren in 27 Figuren dargestellt, deren Benennung der handelsüblichen entspricht. Tafel II u. IIa (S. 123) enthält sodann in 38 Figuren die Verschraubungsteile für Eisenröhren. — Für verzinkte schmiedeiserne Fittings und Wasserleitungsröhren sind sodann in der auf Seite 120 u. 121 aufgestellten Preistabelle die Nettopreise der verzeichneten Teile enthalten, wobei zu bemerken ist, daß diese Preise erheblichen Schwankungen je nach der Geschäftslage unterworfen sind.

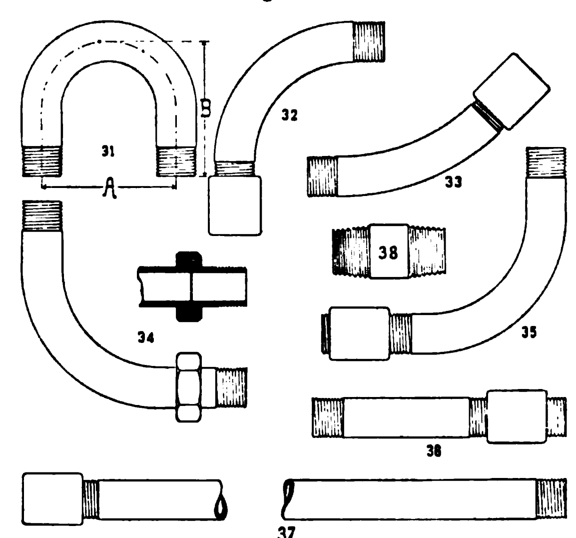
Tafel II. Fittings für Eisenröhren.



Zu Tafel I (S. 119). Fittings für Kupfer-, Messing- und Bleiröhren.

1. Rohrverschraubung mit 2 Lötzapfen (Holländerverschraubung). — 2. T-Stück mit 1 Verschraubung. — 3. T-Stück mit 2 Verschraubungen. — 4. T-Stück mit 3 Verschraubungen. — 5. T-Stück, die Abgangsseite und 1 Durchgangsseite mit Verschraubung. — 6. Schwanzstück (B o ß). — 7. Verschraubung, einerseits Gewinde, anderseits Lötzapfen. — 8. Verschraubung ohne Gegenstück. — 9. Gerader Sauger mit Gewinde und Lötzapfen. — 10. Gerader Sauger, beiderseits Gewinde. — 11. Gerader Sauger mit Verbindung, einerseits Gewinde, anderseits Lötzapfen. — 12. Gerader Sauger mit Verbindung, beiderseits Eisenrohrgewinde. — 13 u. 14. Verschraubungen an Wasserbehältern etc., mit längerem Gewinde und Gegenmutter. — 15. Kniesauger mit Gewinde und Lötzapfen. — 16. Kniesauger mit beiderseits Gewinden. — 17. Verschraubung mit Gewinde und Schlauchansatz. — 18. Kniesauger mit Verschraubung, beiderseits Gewinde (75 Grad Zentriwinkel). — 19. Kniesauger mit Verschraubung, Gewinde und Lötzapfen. — 20. Einfacher Kniesauger mit Verschraubung. — 21. Kniesauger mit Verschraubung und beiderseits Gewinde (90 Grad Zentriwinkel). — 22. Wandscheibe mit Gewindemuffe und rechtwinkligem Abgang. — 23. Wandscheibe mit Lötzapfen und rechtwinkligem Abgang. — 24. Wandscheibe mit geradem Durchlauf, beiderseits Gewindemuffe. — 25. Wandscheibe mit Kniestück. — 26. Wandscheibe mit geradem Durchlauf, beiderseits Lötzapfen. — 27. Verlängerungsstück, einerseits Gewinde, anderseits Verschraubung.

Tafel IIa. Fittings für Eisenröhren.



Zu Tafel II und IIa Fittings. (Rohrverschraubungsteile für Eisenröhren.)

1. Kreuzstück. — 2. T-Stück. — 3. T-Stück mit reduziertem Durchgang. — 4. Knie- oder Winkelstück. — 5. Gerade Muffe. — 6. Absatzmuffe. — 7. Kappe. — 8. Innere Muffe oder Nippel. — 9. Brunnenrohrmuffe. — 10. Stopfen. — 11. Reduktionsstück mit sechskantigem Anzug. — 12. Reduktionsstück mit rundem Anzug. — 13. Doppelnippel in der Mitte mit Sechskant. — 14. Doppelnippel in der Mitte mit rundem Bund. — 15. Doppelnippel aus Rohr. — 16. Rohrverschraubung mit Muffengewinde. — 17. Reduzierte Muffe. — 18. Rohrverschraubung mit Nippelgewinde. — 19. Runde Muffe mit Rechts- und Linksgewinde. — 20. Sechskantige Muffe mit Rechts- und Linksgewinde. — 21. Kniestück mit Nippelgewinde. — 22. Kreuzstück m. N. — 23. T-Stück. — 24. Runde Ansatzflansche. — 25. Ovale Flansche. — 26 bis 30. Perkinsfittings mit Rechts- und Linksgewinde. — 31. Doppelbogen. — 32. Rechter Winkelbogen. — 33. Schräges Bogenstück. — 34. Bogen mit Rohrverschraubung. — 35. Bogen mit einem langen Gewinde. — 36. Langgewinde. — 37. Rohr mit Muffe und Gewinde. — 38. Amerikanischer Doppelnippel mit konischem Gewinde.

Während die schmiedeisernen Röhren verschraubt werden, bestehen bei Installationsröhren aus anderem Material verschiedene Verbindungsverfahren. So stellt Fig. 200 Tylors Patent-Stufendichtung für Bleiröhren vor. Das Ende eines Hahnes, Ventiles oder Wassermessers, welches mit einem Bleirohre verbunden werden soll, trägt Gewinde und Stufenansätze, die in das vorher mit einem Hartholz- oder Messingdorn aufgetriebene Ende des Bleirohrs eingeführt werden. Die Über-

wurfmutter, welche vor dem Auftreiben auf das Bleirohr geschoben wird, zieht beim Aufschrauben auf das Gewindestück das Bleirohr fest auf die Stufenansätze und dichtet hierbei ab. Das Bleirohrende muß nach dem Auftreiben eben geschnitten werden und zur Verringerung der Reibung zwischen der Mutter und dem Rohr wird dieses eingefettet. Es bedarf keiner großen Kraft zum Anziehen, da sich die Kanten sofort in das Blei einpressen und eine gute Dichtung herstellen, die weit mehr aushält als das Rohr selbst.

Bei Verbindungen zwischen Bleiröhren selber kann diese Tylorsche Stufendichtung nach der in Fig. 201 angegebenen Form benutzt werden; sie hat jedenfalls den Vorteil, daß sie naß, ohne Lot und ohne Feuer von ungeübteren Arbeitern hergestellt werden kann. Die Stufenansätze befinden sich hier auf einem rohrförmigen Zwischenstück, das zum Festhalten mit dem Schlüssel

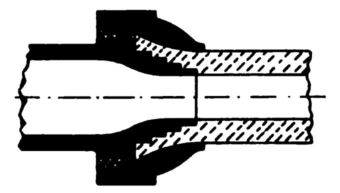


Fig. 200. Tylors Stufendichtung für Bleirohre.

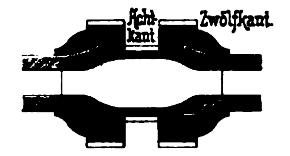


Fig. 201. Doppelstufendichtung nach Tylor.

einen achtkantigen Schaft hat; die Überwurfmuttern können, falls sie mit Schraubenschlüsseln angezogen werden sollen, etwa 12kantige Bänder haben oder rund sein, um mit einer Gaszange festgezogen zu werden. Sowohl Muttern als Zwischenstück sind aus Bronze angefertigt.

Fig. 202 zeigt eine Verbindung von Bleirohr mit Messingrohr nach Oesten (Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1893, S. 192). In Berlin werden vielfach Anschlüsse von Bleiröhren an Messingarmaturstücke in der Weise hergestellt, daß das vorher mit einem Metalldorn aufgetriebene Bleirohrende über den Messingzapfen des Anschlusses geschoben wird, der am äußersten

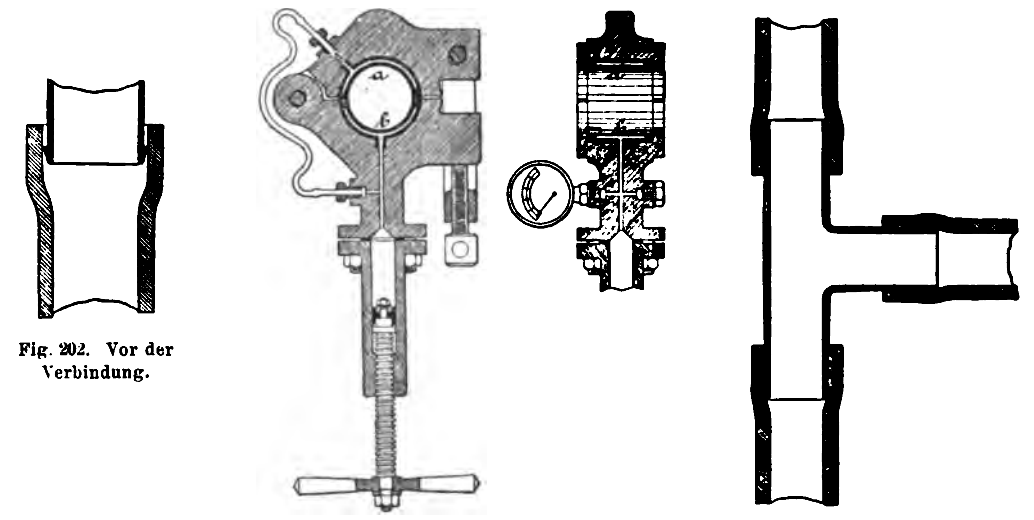


Fig. 202. Vor der Verbindung.

Fig. 203. Wasserdruckzange.

Fig. 204. Fertige Verbindung.

Fig. 202—204. Verbindungen von Blei mit Messingröhren mittels der Wasserdruckzange nach Oesten. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 192.)

Ende einen vorstehenden scharfen Rand besitzt und dann mittels der in Fig. 203 abgebildeten Wasserdruckzange radial zusammengepreßt wird. Die fertige Verbindung sieht dann wie Fig. 204 aus, sie kann mit ähnlichen Kupplungsstücken ebenso für geradlinige, gebogene, Kreuz- oder sonstige Röhren ausgeführt werden; die Messingstutzen müssen verzinnt sein.

Die Wasserdruckzange (Fig. 203) ist ähnlich einer Plombierzange aus zwei Backen gebildet, die gelenkartig auf- und zugeklappt werden können; in der geschlossenen Stellung werden die beiden Backen durch eine eiserne Schraubzwinge festgehalten. Die Leibung der Backen ist mit je einem Gummipolster *a* und *b* belegt, welches doppelwandig ist und einen kurzen Ansatz für eine Öffnung hat, mit welcher das Polster von außen her durch die kleine hydraulische Presse gefüllt werden kann. An der Presse befindet sich ein Manometer zur Beobachtung des erzeugten Druckes,

der bei Röhren von 25 bis 40 Millimeter Lichtweite 50 bis 100 Atmosphären beträgt. — Beim Gebrauch der Wasserdruckzange wird die Schraubzwinge gelöst, die geöffneten Backen um die Verbindungsstelle gelegt und nach dem Zusammenklappen durch die Schraubzwinge angezogen und festgehalten. Hierauf wird der Preßkolben in den Zylinder hineingeschraubt, die in ihm enthaltene Flüssigkeit (Wasser mit 10 Prozent Glyzerin wegen Frost) gelangt durch die Kanäle der Backen und mittels des messingenen Umführungsrohres in die Gummipolster, die bei dem Druck aufgebläht werden, sich radial an das Bleirohr schließen und dieses fest um die Messingzapfen pressen. Hierbei drückt sich der scharfe Rand des Zapfens in das Bleirohr gleichmäßig ein. Nach Zurückschrauben des Preßkolbens wird die Wasserdruckzange abgenommen und die Verbindungsstelle leicht angewärmt, wobei eine feste und dichte Verlötung des Bleirohrs mit dem verzinnten Rohrzapfen erfolgt. Die Legierung der Verzinnung besteht aus 8 Teilen Wismut, 5 Teilen Blei und 3 Teilen Zinn und schmilzt bei ca. 95 Grad C., solche aus 1 Teil Wismut, 2 Teilen Blei und 2 Teilen Zinn schmilzt bei ca. 110 Grad C.

Literatur

über Verlegen, Dichten, Probieren u. s. w. von Wasserleitungsröhren.

[296] Barker, Fitting and arranging gas and water pipes. Pract. Mech. Journ. 3. S., Bd. 5 (1870), S. 47. — [297] Van Muyden, Execution de travaux de canalisation en fonte. Bullet. de la société vaudoise des Ing. Bd. 11 (1885), S. 8. — [298] Relèvement d'une conduite en fonte Boston. Gén. civ. Bd. 10 (1887), S. 373. — [299] Samuelson, Das Dückerrohr von 224 Meter Länge und 2 Meter Durchmesser zwischen Rothenburgsort und Insel Kaltehofe. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1888, S. 229. — [300] Morley, Lowering water mains. San. Eng. Bd. 20 (1889), S. 80. — [301] Streeter's Pipe lowering apparatus. Ibid. S. 262. — [302] Laying a submerged water main. Engin. Bd. 71 (1891), S. 6. — [303] Pipe laying apparatus, Brooklyn aqueduct. Scient. Americ. Bd. 64 (1891), S. 1. — [304] Pipe templets. Engl. Mechanics and World of science. Bd. 53 (1891), S. 394. — [305] Riley, Experiments on the position and working of the hydraulic mains. Journ. of Gaslight. Bd. 57 (1891), S. 596. — [306] Crailsheim, G., Über Legung von Rohrkurven. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1891, S. 267. — [307] Einbau einer Rohrleitung unter Wasser. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1893, S. 1181. — [308] Versenkung eines Dückers durch die Maas bei Rotterdam. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 228. — [308a] Ruoff, Druckproben an Wasserleitungen. Ebenda S. 590. — [309] Kullmann, Über Dichtigkeitsproben an Rohrstrecken aus Muffenröhren und an ganzen Rohrnetzen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1894, S. 578. — [310] Halbertsma, Dichtigkeitsproben an Rohrnetzen. Ebenda 1894, S. 722. — [311] Verlegung von Dückern durch die Elbe bei Magdeburg. Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 406. — [312] Kullmann, H., Über Rohrnetzprüfungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 456. — [313] Halbertsma, Dichtigkeitsproben an Rohrnetzen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 518. — [314] Fischer, A., Verlegung von Gas- und Wasserröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1895, S. 291. — [315] Gibault, Appareils pour la pose en galerie de conduites de grand diamètre. Nouv. Ann. de la Construct. 1897, S. 65. — [316] Prüfung kürzerer Teilstrecken neu verlegter Wasserleitungen in Detroit. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 246. — [317] Apparat zum hydraulischen Auseinanderziehen von Muffenröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 645 u. 1896, S. 304. — [318] Subways for street pipes. Eng. Rec. 1899, S. 14. — [319] Laying a 6 inch. water main across Havana Harbor. Eng. News. 1899, S. 238. — [320] Vorrichtung zum Legen großer Wasserleitungsröhren. Uhlands techn. Rundschau. 1899, S. 53. — [321] Laying submerged pipes. Eng. Rec. 1899, S. 72, 96. — [322] Plumbing in the New York athletic club house. Eng. Rec. 1899, S. 195. — [323] Subageons pipe laying ac Delray. Eng. Rec. April 1899, S. 443. — [324] Beielstein, Die Ausführung von Installationsarbeiten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 93. — [325] Hammacher, Wegnahme einer Anbohrschelle von einem unter Druck stehenden Wasserrohr. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 115. — [325a] Hopp, Hauskanalisations- und Hauswasserleitungsanlagen amerikanischen Systems, Leipzig 1902. — [325b] Dückerversenkung in der Elbe bei Hamburg. Techn. Gemeindeblatt 1903, S. 25. — [325c] Neues Verfahren zum Abdichten von Muffenrohrverbindungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 233. — [325d] Die Ausführung von Haus-, Gas- und Wassereinrichtungen durch Gemeindeanstalten. Ebenda S. 365. — [325e] Die Amsterdamer Dünenwasserleitung. Ebenda 1904, S. 346. — [325f] Gummischnurdichtungen für Heberleitungen und für Druckleitungen in beweglichem Untergrund und auf Rohrbrücken. Ebenda S. 435. — [325g] Über eine neue Muffendichtung mit Bleizöpfen. Ebenda S. 571 und 1905, S. 460. — [325h] Rohrleitungen mit beweglichen Gummidichtungen in grubenunsicherem Gelände. Ebenda 1904, S. 700. — [325i] Isolierte Kautschukverbindungen zum Schutze von Rohrleitungen gegen Elektrolyse (Straßenbahnen). Ebenda S. 1072. — [325k] Die Versenkung der Dückerrohre durch den Niederhafen in Hamburg. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 41 f.

Literatur
über Rohrverbindungen.

[326] Ward, C., Gelenkartige Rohrverbindungen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 195 (1870), S. 558. — [327] Homersham, Joints for gas and water pipes. Engin. Bd. 30 (1870), S. 242. — [328] Rust, Über eine verbesserte Konstruktion zur Verbindung von gußeisernen Röhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 202 (1871), S. 223. — [329] Allison, Screw coupling for joining pipes etc. Eng. Bd. 12 (1871), S. 123. — [330] Moore's pipe leak stopper. Scient. Americ., N. S. Bd. 25 (1871), S. 374. — [331] Tresca, Sur le manchon de raccordement pour tuyaux en fonte de M. Denans. Bullet. de la société d'encourag. 1871, S. 361. — [332] Dussard, Tuyaux en fonte à joints parallèles au caoutchouc vulcanisé. Portef. économ. 1871, S. 61. — [333] Wöhrmann, Drehbare Rohrverbindung. Prakt. Maschinenkonstrukt. 1872, S. 16. — [334] Galassé-Kétin, Rohrverbindung. Dingl. polyt. Journ. Bd. 204 (1872), S. 276. — [335] Créange, Röhrenverbindung. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1873, S. 762 — [336] Marini, Tuyaux de fonte à joints en caoutchouc. Nouv. Ann. de la Constr. 1873, S. 141. — [337] Sommerville, Röhrenverbindung. Polyt. Zentralbl. 1873, S. 1334. — [338] Dunning, Verbindung von Wasserröhren bei 1720 Fuß Druck. Scient. Americ., N. S. Bd. 30 (1874), S. 67. — [339] Valentine, Pipe joint. Scient. Americ., N. S. Bd. 32 (1875), S. 182. — [340] Ehrhardt, N., Über eine neue Methode zur Erzielung dichter Verschlüsse und haltbarer Verbindungen. Maschinenkonstrukteur. 1876, S. 322. — [341] Amerikanische Röhren, Rohrverbindungen, Zangen u. s. w. Polyt. Zeitg. 1876, S. 559. — [342] Roche, Joints élastiques pour conduites d'eau et de gaz. Rev. industr. 1876, S. 87. — [343] Rohrverbindung der National Tube Works Co., Boston. Dingl. polyt. Journ. Bd. 221 (1876), S. 204. — [344] Kupplung für Leitungsröhren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 222 (1876), S. 26. — [345] Stambke, Verbindung gußeiserner Muffenrohre. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877, S. 108. — [346] Ehrhardtsche Rohrverbindung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877, S. 177. — [347] Price, Schlauchkupplung. Maschinenbauer. 1877, S. 181. — [348] Legat, Joint universel pour tuyaux en fonte. Rev. indust. 1878, S. 450. — [349] Schlick, Raccord à écrou pour tuyaux. Nouv. Ann. de la Constr. 1878, S. 184. — [350] Chapel, Pipe coupling. Scient. Americ., N. S. Bd. 38 (1878), S. 55. — [351] Painters Rohrkupplung. Dingl. polyt. Journ. Bd. 230 (1878), S. 396. Engin. Bd. 49, S. 181. — [352] Remus, Flanschendichtung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1879, S. 362. — [353] Joint à rotule Bouteny. Rev. industr. 1880, S. 215. — [354] Shaw's union joint. Design and work. Bd. 8 (1880), S. 460. — [355] Legat, Joint de tuyaux à garniture prisonnière. Annales industr. Bd. 12 (1880), S. 10. —[356] Royle, Universalrohrkupplung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1880, S. 75. — [357] Painter, Hydrostatische Rohrdichtung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1880, S. 211. — [358] Wernicke & Herrklotschs Rohrverbindung. Dingl. polyt. Journ. Bd. 235 (1880), S. 182. — [359] Pipe coupling. Engin. Bd. 50 (1880), S. 72. — [360] Flexible joints for pipes. Design and work. Bd. 8 (1880), S. 132. — [361] Rohrverbindung von Dietrich. Prakt. Maschinenkonstrukt. 1881, S. 145. — [362] Dichtungen von Röhren. Deutsche Industriezeitung. 1881, S. 13. — [363] Bach, Die Grethersche Schlauchkupplung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1881, S. 57. — [364] Schlauchkupplung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1882, S. 218. — [365] Tubes Lavril, Annales des ponts et chauss. (Coulommiers). 1882. — [366] Boose, Metalllinsen für Flanschdichtung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1883, S. 353. — [367] Petit, Tuyaux à joints de caoutchouc. Technologiste. Bd. 44 (1883), S. 69. — [368] Kugelgelenk zu Röhrenverbindung und Dreiweghahn etc. Prakt. Maschinenkonstrukt. Bd. 19 (1886), S. 234. — [369] Verbindungen für gußeiserne Rohre von großem Durchmesser. Dingl. polyt. Journ. Bd. 259 (1886), S. 534. — [370] Kugler, Verdichten von Wasserleitungsröhren mittels Gummirings. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1889, S. 1125. — [371] Neuere Rohrverbindungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1889, S. 407. — [372] The Sphincter high-pressure coupling. Iron. Bd. 36 (1890), S. 49. — [373] Almond's flexible tubing. Iron Age. Bd. 46 (1890), S. 892. — [374] Bachmanns Verbindungsstücke für Rohrleitungen. Dingl. polyt. Journ., Bd. 276 (1890), S. 553. — [375] The Berryhill pipe joint. Gaslight. Bd. 53 (1890), S. 42. — [376] Rohrverbindung für schmiedeiserne Röhren. Eng. News. Bd. 25 (1891), S. 218. — [377] Bewegliche Muffenverbindung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 45. — [378] Muffenrohrverbindung mit Bajonettverschluß, Gummidichtung und Keilsicherung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 229. — [379] Oesten, Neue Rohrverbindungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 206, 207. — [380] Oesten, Neue Rohrverbindungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1893, S. 190. — [381] Verbindung genieteter Stahlröhren. Eng. News. 1898, S. 373. — [382] Kugelgelenkverbindung für Stahlröhren. Engineer. 1898, S. 365. — [383] A pipe joint for high pressure. Am. Mach. 1899, S. 524. — [384] Knickling, The joints of riveted water pipes. Eng. Rec. 1899, S. 33. — [385] A new union nut. Engin. Februar 1899, S. 193. — [386] The Linich & Karlson pipe joint and connection. Iron Age. Februar 1900, S. 8. — [387] Peters, Pipe joints for high pressures. Am. Mach. Mai 1901, S. 433. — [388] Boreas Schlauchkupplung. Enging. Februar 1902, S. 194.

— [389] The Merwarth metallic packing. Enging. März 1902, S. 375. — [390] Blum, Eine neue Rohrschelle. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 57. — [391] Forms of ball joints for submerged water mains at Atlantic City, N. J. Eng. News. 1902, S. 333. — [391a] Sicherheitsmuffenverbindungen für Dückerleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 777. — [391b] Muffenverbindungen für Hochdruckwasserleitungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1256. — [391c] Flanschverbindungen für hohen Druck. Ebenda S. 1653. — [391d] Burgemeister, Über ältere und neuere Muffenkonstruktionen mit Gummischnurdichtungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 1113/15. — [391e] Einzelheiten der Hochdruckleitung des Elektrizitätswerks Luzern-Engelberg. Schweiz. Bauzeitung vom 21. Juli 1906.

Deutsche Reichspatente
für Verfahren und Apparate zum Legen und Probieren von Rohrleitungen u. s. w.

Nr. 24 392. Verfahren zur Verlegung von Rohrleitungen unter Wasser. Behne. — Nr. 48 563. Verfahren und Vorrichtungen zum Verlegen von Röhren in wasserhaltigem Boden. — Nr. 91 225. Probiermaschine für Rohrkrümmer. Wons. — Nr. 92 290. Schachtverschluß. Franke. — Nr. 102 207. Verfahren und Vorrichtung zur Ortsbestimmung von Hindernissen in Rohrleitungen durch Schallmessungen. Batcheller. — Nr. 134 088. Rohrverschluß Cario. — Nr. 157 610. Rohrabdichtungsverfahren mit eingepreßtem Dichtungsmittel. Fendert. — Nr. 170 286. Verlegen von Rohren unter Druck mit kolbenartigen Verschlüssen. Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik A.G.

Deutsche Reichspatente
für Rohrverbindungen.

Nr. 4408. Rohrverbindung. Gruyter. — Nr. 5854. Zementschnur zum Dichten von Röhren. Noack & Schäfer. — Nr. 8436. Lösbare Verbindung für Röhren und Schläuche. Klotz. — Nr. 9207. Rohranschluß mit Rohrschelle. Scheven. — Nr. 10136. Kupplungsstück. Royle. — Nr. 13 598. Rohrverbindung. Gebauer. — Nr. 14 345. Rohrverbindung. Beermann. — Nr. 17 637. Schlauchkupplung mit Drehhülsen und steigenden Schraubenmuttern. Storz. — Nr. 18 256. Vorrichtung zum Verlegen von Röhren, die Anordnung zum konzentrischen Verlegen von Röhren bestehend in Kissen und Keil mit Schraubvorrichtung etc. Waring. — Nr. 20 061. Rohrkupplung. Kühne. — Nr. 21 657. Zusatzpat. z. 17 637. Schlauchkupplung. Storz. — Nr. 22 759. Schlauchkupplung. Mayer. — Nr. 23 542. Zusatzpat. z. 20 061. Neuerungen an einer Rohrkupplung. Kühne. — Nr. 25 405. Schlauchkupplung mit hohlem bezw. wulstförmigem Dichtungsring. Grether. — Nr. 29 375. Zusatzpat. z. 25 405. Schlauchkupplung. Grether. — Nr. 30 757. Muffenverbindung für geschweißte Rohre von 50 Zentimeter Durchmesser und darüber. Schulz & Knaudt. — Nr. 32 889. Elastische Doppelmuffe. Riemann. — Nr. 35 785. Verschlußscheibe in einer Kammer der Rohrleitung. Laroche. — Nr. 36 735. Rohrverbindung mit symmetrisch ausgeschnittenen Rohrenden und Verschlußringen. Etienne. — Nr. 36 798 u. 37 889. Bewegliche Flanschverbindung mit Kugelflächen an den Flanschen bezw. Schraubenbolzen. Hoppe. — Nr. 39 502. Rohrverbindung mit in Ringrinnen liegenden Verschlußbügeln. — Nr. 40 453. Zusatzpat. z. 36 735. Rohrverbindungen. Etienne. — Nr. 40 516. Bajonett-Schlauchkupplung mit Drehriegeln. Polte. — Nr. 42 060. Flanschrohrverbindung. Garnier & Curé. — Nr. 42 126. Flanschrohrverbindung Hoppe. — Nr. 42 518. Gelenkige Rohrverbindung mit Verschraubung und gewölbtem Kautschukring. Schleifer. — Nr. 43 944. Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Rohrverbindungen. Robertson. — Nr. 44 341. Schlauchkupplung mit abfallender Schraubenfläche. Storz. — Nr. 44 574. Rohrverschluß mit Druckschraube in zweiteiligem, von einer zweiteiligen Rohrschelle gehaltenem Bügel. Werth. — Nr. 44 851. Rohrverschluß mit kegelförmigem Deckel, Bügelschraube und geschlossener ebenfalls kegelförmiger abdichtender Mutter. Dürr & Co. — Nr. 45 292. Vorrichtung zum Anschlusse von mit Außengewinden versehenen Röhren an solche mit birnförmigem Ende. Poujade. — Nr. 48 222. Rohrverbindung mit Kreuzgelenk. Vering. — Nr. 49 539. Rohrverbindung. Cabuy. — Nr. 49 944. Halbmuffen-Rohrverbindung. Simpson. — Nr. 50 973. Schlauchkupplung mit Hakenhebeln. Hainze. — Nr. 52 244. Rohrverbindung mittels geteilter Muffen und Ringflanschen. Gordon. — Nr. 52 380. Rohrverbindung mit federndem Kniehebelverschluß. Stange. — Nr. 54 584. Rohrverbindung mit zweiteiligem langrundem Zapfen und drehbarem langrunden Hohlkörper. Bergfeld. — Nr. 54 641. Rohr- und Schlauchverbindung mit über- und ineinander greifenden gleichen Muffen und Querschrauben. Handling. — Nr. 54 643. Rohrverbindung mit ringförmiger Nut und Feder. Ramsden. — Nr. 56 622. Gelenkige Rohrverbindung mit Kugelflächensitz und Federanpressung. Hébert. — Nr. 57 531. Flanschrohrverbindung mit Zwischenring von T-förmigem Querschnitt. — Nr. 58 452. Rohrverbindung mit zylindrisch ineinander greifenden losen Flanschenringen. Aird. — Nr. 58 837. Stellbare Rohrverbindung. Roesky. — Nr. 59 266. Rohrverbindung. Haniel & Lueg. — Nr. 59 562. Drehbare

Rohrverbindung mit längsgeteiltem Überfallmantel. Ulmann. — Nr. 60 112. Kugelrohrgelenk. Busse & Zahn. — Nr. 60 124. Schlauchkupplung. Klenner. — Nr. 60 136. Rohrverbindung mit längswirkendem Keilverschluß. Loch. — Nr. 60 626. Schlauchkupplung. Dengel. — Nr. 60 802. Flanschenverbindung. Lambion. — Nr. 61 190. Kugelgelenk für Rohrleitungen. Bertschinger. — Nr. 61 249. Schlauchkupplung mit Umschlußring und Druckfeder. — Nr. 61 284. Schlauchkupplung mit drehbar aufgeschliffenen Anschlußhülsen. Nunen. — Nr. 61 294. Kugelgelenk für Druck- oder Saugrohre. Moran. — Nr. 61 500. Gelenkige Rohrverbindung mit innerer Kegeldichtung und äußerer Drehgelenkführung. Hunen. — Nr. 61 548. Rohrgelenk. Carey. — Nr. 61 607. Dichtung für Rohrverbindungen mit ringförmigen Dichtungsnuten und eingreifendem Zwischenring. Sander. — Nr. 61 608. Schlauchkupplung mit Querdurchfluß. Friederichs. — Nr. 61 739. Dichtungsring für Schlauchverbindungen. Knorr. — Nr. 61 791. Schlauchkupplung mit doppelter Ringdichtung. Kiesel. — Nr. 61 783. Rohrkugelgelenk. Streit. — Nr. 61 808. Gelenkige Rohrverbindung. Kementzy. — Nr. 62 799. Keilsicherung für Muffenrohrverbindung. Hinden. — Nr. 62 806. Zusatzpat. z. 59 562. Rohrverbindung. Ulmann. — Nr. 63 262. Bewegliche Muffenrohrverbindung. A. Riedinger & Cie. — Nr. 62 806. Drehbare Rohrverbindung mit längsgeteiltem Überfallmantel. — Nr. 63 341. Hebelvorrichtung zum Antreiben der Bleidichtung bei Muffenrohrleitungen. — Nr. 63 526. Flanschverbindung. Diechmann. — Nr. 63 682. Flanschendichtung mit zwei konzentrischen Dichtungsringen und dazwischenliegender federnder Metalleinlage. Fromm. — Nr. 64 013. Flanschendichtung mit Kitt und eingelegtem Metallring. Schwörer. — Nr. 64 097. Verfahren zur Verbindung schwachwandiger Röhren mit Bleimuffe. Oesten. — Nr. 64 310. Kugelgelenkdichtung für Rohrleitungen. Dickertmann. — Nr. 64 489. Muffenrohrdichtung mit Riffelungen oder Vorsprüngen an den übereinandergreifenden Rohrteilen. Robbins. — Nr. 65 507. Flanschdichtung. Gerstadt. — Nr. 66 970. Rohrverschluß mit Stopfbüchse. Schimmelbusch. — Nr. 67 215. Zusatzpat. z. 64 310. Rohrverbindung. Dickertmann. — Nr. 67 425. Schlauchkupplung. Patterson. — Nr. 68 496. Abdichten von Rohrverbindungen durch einen mittels Schrauben angepreßten Bleiring. Weipert. — Nr. 68 939. Drehbare Rohrverbindung mittels zweier gleichachsiger Rohre für Zu- und Abfluß. Deutsch. — Nr. 69 398. Rohrverbindung mit kegelförmigem Überwurfmuff. Hoffmann. — Nr. 69 935. Rohrverbindung. Tverskoi. — Nr. 71 791. Schlauchkupplung. Janke. — Nr. 71 809. Schlauchbefestigung. Wolff. — Nr. 72 679. Rohrverbindung. Wirtz. — Nr. 73 471. Schlauchverbindung. Dickertmann. — Nr. 74 812. Rohrverschluß. Mengeringhausen. — Nr. 75 942. Kugelgelenk für metallische Schlauchkupplungen. Schuhmacher. — Nr. 75 947. Zylindergelenk für Rohrleitungen. De Simon. — Nr. 76 008. Rohrdichtung. Müller & Minich. — Nr. 76 250. Schlauchbefestigung. Pohl. — Nr. 76 734. Rohrverbindung. Thyssen. — Nr. 76 736. Verbindung für Flanschenrohre mit übergeschobenem, die Dichtung haltendem Ringe. Schmitz. — Nr. 77 032. Schlauchverbindung. Eisele. — Nr. 77 056. Rohrschelle. Mennicke. — Nr. 77 383. Schraubenrohrgelenk. Wegmann. — Nr. 77 967. Schlauchkupplung. Plettner. — Nr. 78 286. Rohrschelle. Wolf. — Nr. 79 040. Rohr- und Schlauchverbindung. Cooper. — Nr. 79 353. Schlauchverbindung. Müller. — Nr. 79 438. Vorrichtungen zur Befestigung von Abzweigen und Verschlüssen an Röhren. Hochgesand. — Nr. 79 846. Rohrschelle zum Anbohren unter Druck. Köhler. — Nr. 83 618. Schlauchverbindung. Hohl. — Nr. 83 914. Rohrverbindung. Kaeferle. — Nr. 84 166. Muffenrohrdichtung. Unger & Stiehler. — Nr. 87 372. Schraubbare Rohrmuffe mit Verstemmungsnuten. Wills. — Nr. 89 208. Rohrverbindungsstück. Bonte & Kestermann. — Nr. 91 015. Flanschverbindung. Schneider. — Nr. 92 431. Muffenrohrverbindung. Hardley. — Nr. 93 011. Rohrverbindung. Dunkel. — Nr. 93 051. Rohreinsatzstück. Bilton & Timmins. — Nr. 95 294. Rohrverbindung. Bayles. — Nr. 96 870. Rohrverbindung. Thomine. — Nr. 97 370. Rohrverbindung. Englisch. — Nr. 97 626. Rohr- und Schlauchverbindung. Richter. — Nr. 99 211. Rohrschelle. Reinbrecht. — Nr. 101 029. Einsatzstück für Rohrleitungen. Thompson & Phillips. — Nr. 103 608. Schlauchverbindung. Pelz. — Nr. 105 809. Einrichtung zur Schonung von gußeisernen Rohrmuffen gegen Zerspringen. Wiehe. — Nr. 106 534. Flanschendichtung. Walter. — Nr. 107 630. Überschiebmuffe für Rohrverbindungen mit Dichtung durch den Flüssigkeitsdruck. Biller & Sadezky. — Nr. 108 673. Rohrverbindung. Brandt. — Nr. 110 849. Rohrverbindung. Griffin & Kate. — Nr. 112 247. Schlauchbefestigung. Christiansen. — Nr. 113 042. Schlauchverbindung. Flader. — Nr. 114 722. Rohrverbindung. Budde & Schou. — Nr. 115 623. Rohrverbindung. Hermann. — Nr. 117 582. Rohrmuffe. Kaeferle. — Nr. 118 156. Schlauchverbindung. Wiktora. — Nr. 119 632. Verschlußklappe. Labhart. — Nr. 119 956. Schlauchverbindung. Ledowski & Cambiago. — Nr. 120 462. Rohrverbindung. Arras & Grill. — Nr. 121 382. Schlauchverband. Eilers. — Nr. 121 407. Verbindungsschelle. Bluhm. — Nr. 122 330. Rohrverbindung. Hurst. — Nr. 122 735. Rohrverbindung. Skowronek. — Nr. 123 510. Gelenkige Rohrverbindung. Rohland. — Nr. 124 503. Rohr- und Schlauchverbindung. Storz. — Nr. 124 715. Flanschverbindung. Janke. — Nr. 126 666. Rohrverbindung. Zentler. — Nr. 127 490. Flanschdichtung. Wiechmann. — Nr. 128 297. Rohrverschluß. de Carlo. — Nr. 130 397. Rohrverschluß. Callaway.

— Nr. 131 178. Rohrverbindung für Blechröhren, welche in spitzem Winkel zusammenstoßen. Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg. — Nr. 131 997. Abdichtung von Muffenrohrverbindungen, bei welcher ein Gummiluftsack durch Handpumpe aufgeblasen wird, der die Fuge zwischen Zopfende und Muffenende verschließt und das Einfließen von Dichtungsmaterial etc. verhindert. — Nr. 134 088. Rohrverschluß. de Carlo. — Nr. 134 535. Metallene Dichtungsringe. Liebig. — Nr. 137 476. Gleichseitige Schlauchverbindung. Morris. — Nr. 139 997. Rohrverbindung mittels keilförmiger Schaltstücke für Krümmungen. Richter. — Nr. 141 150. Schlauchverbindung. Giersberg. — Nr. 141 440. Schlauchverbindung System Ledowsky. — Nr. 142 297. Schlauchanschluß. Hensche. — Nr. 142 573. Muffenrohrverbindung mit dichtenden Kegelflächen. v. Rollsche Eisenwerke. — Nr. 142 597. Rohrverbindung mit Einsatzstück für Gewinderohre. Grosse. — Nr. 144 668. Flanschrohrverbindung mit Druckschrauben. Leinweber. — Nr. 145 498. Gleichseitige Rohrverbindung mit Hülsenverschraubung. Powell. — Nr. 146 928. Metalldichtungsring, außen hart, innen weich, für Flanschenrohre. v. Neudeck. — Nr. 149 328. Rohrverschraubung unter Erhitzen des schmelzbaren Lötüberzuges. Klinger. — Nr. 149 397. Rohr- und Schlauchverbindung. Heidelmann. — Nr. 149 719. Doppeldichtungsring für Flanschenrohre. Händel. — Nr. 149 831. Rohrschraubverbindung mit Stufen. Böttcher. — Nr. 150 562. Gleichseitige Schlauch- und Rohrverbindung. Hiller. — Nr. 150 809. Flanschenrohrverbindung mit geteilten Bundringen. Deutsche Röhrenwerke Düsseldorf. — Nr. 150 810. Einbetten eiserner Rohre in Pech, Zement oder dergl. Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik. — Nr. 150 811. Rohr- und Schlauchverbindung. Steinebach. — Nr. 151 558. Metalldichtung für Rohr- und Schlauchverbindungen. Gollert. — Nr. 151 664. Rohrverbindung mit sägezahnartigen losen Flanschringen. Leinweber. — Nr. 152 350. Geteilter Muffenüberschieber. Rogge. — Nr. 153 533. Schlauchverbindung mit Klauenverschluß. Giersberg. — Nr. 157 112. Schlauchbefestigung. Cheneaux. — Nr. 157 393. Muffenrohrdichtung. Drees & Liersch. — Nr. 157 717. Flanschdichtung für Unterdruck(Heberrohr)leitungen. Balcke & Co. — Nr. 159 209. Muffenrohrverbindung für Ton- oder Gußrohre. Thorpe. — Nr. 163 154. Rohrverbindung mit Bajonettverschluß. Eisner. — Nr. 164 369. Muffenrohrverbindung mit Zöpfen aus Bleispänen. Bühne. — Nr. 164 909. Rohrverschraubung mit Differentialgewindemuffen. Temple. — Nr. 164 914. Schwalbenschwanzförmiger Metalldichtungsring für Flanschen. Henckel. — Nr. 165 382. Geschlossener Dichtungsring mit flüssiger Füllung. Schou. — Nr. 166 758. Schlauchverbindung mit Sprengring. Süddeutsche Wasserwerke A.G. — Nr. 173 450. Flanschrohrverbindung mit Haken. Hauch. — Nr. 173 451. Gleichseitige Schlauchverbindung. Hönig. — Nr. 173 852. Rollende Wulstdichtung. Nachtigall und Jacoby. — Nr. 174 288. Muffenrohrverbindung mit Bajonettverschluß. Österr. Mannesmannwerke. — Nr. 175 108. Gleichseitige Flanschenverbindung. Maschinenfabrik Buckau-Magdeburg. — Nr. 177 503 u. Nr. 179 156. Drehbare und verschiebbare Muffenrohrverbindung. Eckenberg.

Prüfungskasten für Rohrleitungen.

Zur Prüfung der verlegten Rohrstrecken auf deren Dichtigkeit in den Verbindungen schaltet man da und dort in Entfernungen von 50 bis 100 Meter gußeiserne Prüfungskasten ein, um die Strecke dadurch in einzelne Teile zu zerlegen mit einer beschränkten Anzahl von Dichtungsstellen, da der gegenseitige Abstand der Absperrschieber bisweilen zu groß ist. Die Kasten, welche dann in der Strecke verbleiben und, wenn sie mit Stutzen versehen werden, auch für seitliche Abzweigungen dienen können, haben die Form der Schiebergehäuse.

Soll eine Rohrstrecke A (Fig. 205) geprüft werden, so setzt man die Verschlußdeckel in den Kasten ein und spannt dieselben durch Schraubenwinden C gegen die beiden Rohrenden. Die Verschlußdeckel besitzen ein angegossenes Rohr, an welches die Wasserzuführung D oder eine Druckpumpe angeschlossen werden kann. Am höchsten Punkt des Deckels bei S ist eine Luftschraube angebracht, welche nach Entlüftung der Rohrstrecke wieder geschlossen wird, nachdem sie beim Füllen geöffnet war, um der in den Rohren enthaltenen Luft vor dem eindringenden Wasser freien Abzug zu gestatten. Diese Anordnung bietet den Vorteil, daß die Rohrverbindungen nicht auseinandergedrückt werden, da der Druck gegen den Deckel durch die leere Rohrstrecke B aufgenommen wird, und in dieser ein gutes Widerlager findet. Nach abgenommener Prüfung werden die Verschlußdeckel wieder ausgebaut und der Prüfungskasten mit einem oberen Deckel geschlossen. Für Leitungen mit kleinerem Kaliber werden diese Prüfungskasten in etwas größerer Baulänge ausgeführt und dienen alsdann an Stelle der Streifkasten zu Revisionen der Rohrstrecken und zum Einbringen der mechanischen Reinigungswerkzeuge.

Fig. 205—208. Einbaustücke in Rohrleitungen zur Prüfung, Besichtigung des Innern, Reinigung u. dgl.

Fig. 205. Prüfungskasten für Rohrleitungen.

Fig. 206. Teilkasten nach vier Richtungen mit Grundablaß. (Lahr.)

Fig. 207. Spuntkasten (Streifkasten) vom Kgl. Hüttenwerk Wasseralfingen.

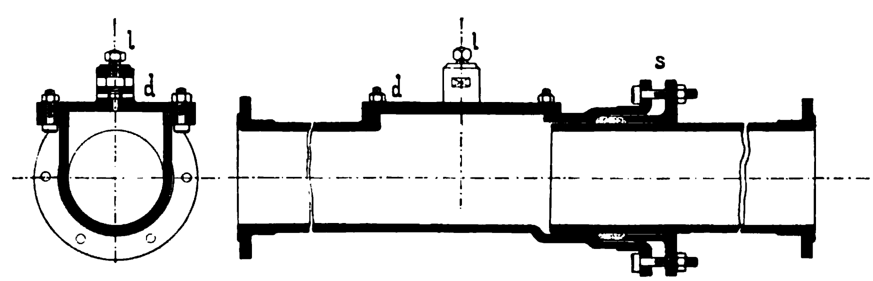


Fig. 208. Streifkasten mit Entlüftung und Kompensationsstopfbüchse.

Teilkasten mit Grundablaß und Spuntkasten.

In Straßenkreuzungen werden Abzweigungen vom Hauptstrang öfters nach mehreren Richtungen nötig, zu welchem Zwecke sogenannte Teilkasten dortselbst angelegt werden.

Sie bestehen, wie Fig. 206 zeigt, aus einer Trommel mit gewölbtem Boden und gewölbtem Deckel; die Wölbungen deshalb, weil sie die Widerstandsfähigkeit gegen Wasserdruck erhöhen. Am Umfange verteilt, je nach der verlangten Richtung, in der Regel rechtwinklig übers Kreuz, sind die Abzweigstutzen angegossen; einer der Stutzen ist an der tiefsten Stelle angebracht, um den Teilkasten zugleich als Schlammtopf zu benutzen. An diesem tiefsten Stutzen wird dann ein Absperrschieber für den Grundablaß zwecks Rohrspülung angeschlossen. An den etwas höher liegenden eigentlichen Verteilungsstutzen sind die Flanschen stets in solcher Entfernung von der Trommelwand anzuordnen, daß die Flanschenschrauben bequem von der Trommelseite aus eingebracht werden können. Der oberhalb der Verteilungsstutzen befindliche Hohlraum dient als Windkessel, da sich bekanntlich die in Rohrnetzen ausscheidende Luft am leichtesten dann vom Wasser trennt, wenn sie mit dem Wasser an einen größeren Querschnitt gelangt, woselbst sich die Wassergeschwindigkeit verringert, somit die Luft Zeit erhält, aus dem Wasser herauszugehen, zumal an derlei bedeutenden Querschnittsänderungen stets Wirbelbildungen vor sich gehen, welche ein Aufschließen des Wasserstromes bewirken und damit die Luftausscheidung begünstigen. An dem Deckel angegossen befindet sich ein den Luftraum des Teilkastens durchdringendes, in den Wasserinhalt tauchendes Rohrstück (Taucherrohr, Siphon), auf welches oben sehr zweckmäßig ein Hydrant aufgesetzt wird. Die bei Hydranten infolge schnellen Schlusses häufig eintretenden Wasserstöße, die jedem Rohrnetz schaden, werden hier bei genügendem Luftgehalt des Windkessels ausreichend gedämpft.

Es ist bedauerlich, daß viele Rohrnetze der Neuzeit von diesen überaus zweckmäßigen Teilkasten immer weniger Gebrauch machen. Hier ist Verteilung, Grundablaß, Windkessel und Hydrant in einem Gußstück, das bei richtiger Dimensionierung ein Körper von guten Festigkeitseigenschaften ist, vereinigt. Statt dessen finden sich neuerdings, unter dem Bestreben, nur Normalien einzubauen, die wunderlichsten Kombinationen, um die gleichen Zwecke zu erreichen. Viel leichter und mit geringeren Längenausdehnungen als mit den normalen T-, Kreuz- und anderen Abzweigstücken lassen sich mit den Teilkasten, die ebenfalls normalisiert werden könnten, Abzweigungen herstellen, die ohnehin stets mit Absperrschiebern ausgerüstet sein sollen und welche dann mitsamt dem Teilkasten in einem gemeinschaftlichen Schacht unterzubringen sind. — Der von verschiedenen Seiten geltend gemachte Einwand, daß ein Schacht stets in Gefahr sei, mit Leuchtgas gefüllt und in die Luft gesprengt zu werden, kann gegenüber den erwähnten Vorteilen umsoweniger eine Rolle spielen, als die Erfahrung lehrt, daß Explosionen aus dieser Ursache zu den größten Seltenheiten gehören. Auch kann man durch geeignete Ventilationseinrichtungen diesbezüglichen Übelständen vorbeugen.

Streif- oder Spuntkasten dienen zur Besichtigung, Reinigung und häufig auch zur Entlüftung der Rohrleitungen.

Vom Kgl. württemb. Hüttenwerk Wasseralfingen werden Streifkasten nach Fig. 207 und den Maßen der nachstehenden Tabelle angefertigt. Diese Kasten werden auch Revisionskasten genannt und befinden sich dann in zugänglichen Revisionsschächten untergebracht, von wo aus die üblichen Kontrollbesichtigungen des Leitungsinneren und, wenn nötig, die Einführung der Rohrreinigungswerkzeuge stattfinden. (Vgl. a. Fig. 208.)

Maße: A Millimeter	25	40	50	60	70	80	90	100	115	125	150	175	200	250	300	350
B Millimeter	250	260	270	280	290	300	325	350	375	400	420	440	450	600	650	700
C „	180	190	195	200	210	220	240	260	285	310	320	320	320	400	425	425
D „	50	60	65	70	75	85	90	95	100	110	120	135	150	180	210	240
Gewicht kg	7	12	14	16	20	23	26	30	35	45	60	72	125	160	195	255

Kompensationen (Ausgleichungsröhren) [392] bis [394].

Es wurde bereits oben bei den gelenkigen Rohrverbindungen (Fig. 149) darauf hingewiesen, daß bei Temperaturänderungen in den Rohrleitungen Bewegung in axialer Richtung des Rohrstranges eintritt, welcher man durch Kompensationen, das sind Ausgleichs-

Fig. 209—215. Kompensationen. (Ausgleichröhren für Längenänderungen der Rohrstränge bei Temperaturwechsel.)

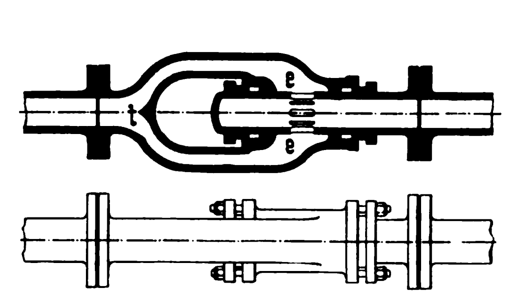


Fig. 209. Kompensation mit Entlastung von Dehne, Halle a. S.



Fig. 211. Kompensation für Steigleitungen in Bergwerken von Seiffert & Co., Berlin.

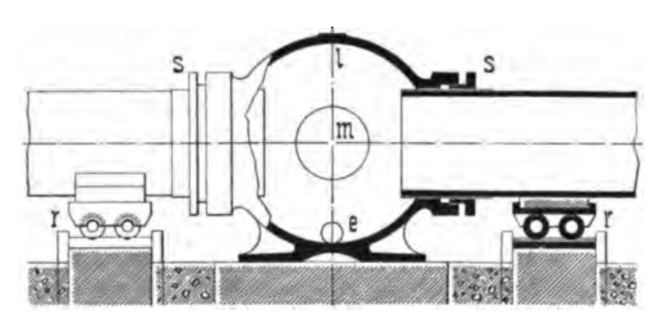


Fig. 210. Kompensation mit Stopfbüchsen.

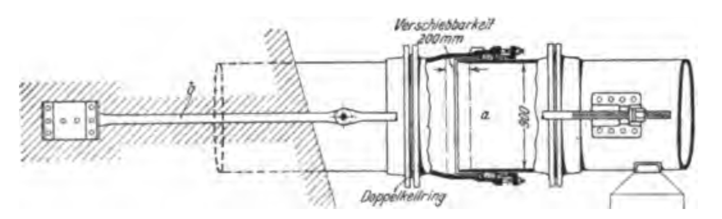


Fig. 212. Ausgleichvorrichtung Luzern-Engelberg. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1520.)

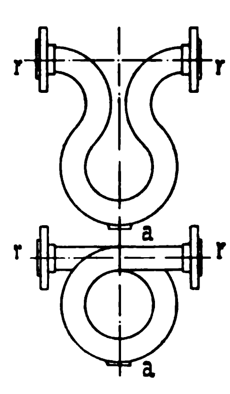


Fig. 214. Kompensationen mit Kupferbögen (Federbögen).

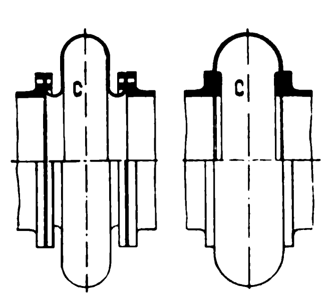


Fig. 213. Kompensationen mit Federung.

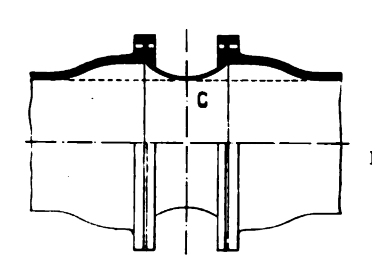


Fig. 215. Kompensation mit Streckung.

vorrichtungen, begegnen und die andernfalls schädliche Einwirkung auf den Verband der Röhren aufheben kann. Die Längsbewegungen der Rohre nehmen mit der Größe des Temperaturwechsels und mit der Rohrlänge proportional zu. Bei Leitungen im Boden kommen erhebliche Längenänderungen nicht vor, da das kühle Erdreich eine wesentliche Temperaturerhöhung verhindert. Bei Flußwasserleitungen kommen Temperaturwechsel des Wassers von 0,5 bis 20 Grad C. und darüber vor, bei Seewasser von 3 bis 15 Grad, bei Grund- und Quellwasser nahezu keine. Im nachstehenden sind einige der gebräuchlichsten Kompensationen für Brückenübergänge, in Tunnels, Stollen u. dgl. angeführt.

Fig. 208, Streifkasten mit Entlüftung und Kompensationsstopfbüchse. Diese in tunnelierten oder seicht liegenden Rohrstrecken z. B. unter Brücken verwendete Einrichtung dient zur Revision und zeitweisen Einführung von Rohrreinigungswerkzeugen und besteht aus einem Streifkasten auf dessen Deckel *d* die Entlüftungsschraube *l* sitzt, deren Muttergewinde in der viereckigen Metallmutter im Deckelaufguß sich befindet. Die Verlängerung des Streifkastens nach rechts bildet eine Stopfbüchse *s*, die mit Tuckschnur (in Talg getränkte Baumwollschnur) oder mit in Talg getränkten geflochtenen Hanfzöpfen verpackt wird. In der Stopfbüchse verschiebt sich bei Längenänderungen infolge Temperaturwechsels (mit ca. 1,1 Millimeter pro Meter Länge bei 100 Grad C. Differenz) das Endstück der anschließenden Leitung, welches bis nahe an die Flansche glatt überdreht ist, um möglichst wenig Widerstand an Stopfbüchsenreibung zu verursachen. Wenn Rostbildungen befürchtet werden, muß die Stopfbüchse sowohl als auch der Grundring im Stopfbüchsengehäuse (Fig. 208) mit Bronze an den Gleitflächen gefüttert sein, damit die bearbeiteten Teile leicht gleitfähig bleiben. Da der Wasserdruck die Rohre in der Längsrichtung auseinanderzuschieben sucht, ist Vorsorge zu treffen, daß bei Anwesenheit von Bögen im Leitungsstrange diese den Schub aufnehmen können.

Bei Leitungen, die verschiedenen Temperaturen, wie z. B. in Aquädukten, unter Brücken etc., und damit Längenänderungen ausgesetzt sind, hat Dehne eine Kompensationseinrichtung zur Ausgleichung der Längsverschiebungen nach Fig. 209 getroffen, welche nur die Stopfbüchsenreibungen als den in der Richtung der Rohrachse wirkenden Widerstand zu überwinden hat, nicht auch den Schub, den die Flüssigkeitspressung auf Auseinanderziehen der Rohre wie in Fig. 208 ausübt. Die in Fig. 209 gezeichnete nach den D. R.-P. Nr. 57 756 und 94 534 von der Maschinenfabrik A. L. G. Dehne in Halle a. S. hergestellten Kompensationsröhren sind in sich selbst entlastet, denn es wirkt der innere Druck auf die Stirnflächen beider Rohrstränge, sowohl auf den Boden des Laternenrohres durch dessen Schlitze *e e* das Wasser strömt, als auch auf den Boden des Zwieselrohres bei *t*. Diese Röhren sind daher nicht besonders fest zu legen, da auch der durch die Ausdehnung hervorgerufene Schub von der Vorrichtung aufgenommen wird.

Mit einem Teilkasten läßt sich die Kompensation von Rohrsträngen nach Fig. 210 vereinigen, wenn die beiden Anschlüsse mit Stopfbüchsen *S* versehen werden. Der Teilkasten ist hier am Fundament festgemacht, die Rohrstränge schieben sich bei der Ausdehnung in den kugelförmigen Innenraum des Teilkastens, der wie üblich am höchsten Punkt eine Entlüftung *l*, am tiefsten Punkt die Entleerung *e* zum Spülen und senkrecht zu den Hauptsträngen Abzweige *m* in der Mitte hat. Die Rohre bewegen sich auf eisernen Rollenunterlagen *r r* mittels untermauerter Wagen hin und her, die Rollen laufen wiederum auf eisernen Platten, die in Steinfundamenten ruhen und gegen Gleiten durch eingerammte eiserne Nadeln gehindert sind. Wegen des hier frei auftretenden Schubes, der die Rohrleitung auseinanderzuziehen sucht, müssen Bögen und Kurven besonders fest gesichert werden.

Bei dem Überschreiten des Kanals von Verdon für die Wasserversorgung von Aix (Frankreich) wurden nach den Nouv. Ann. de la Constr. 1876 an zwei schmiedeisernen Rohrsträngen von je 1,752 Meter lichter Weite diese Rollen in großer Anzahl verwendet.

Fig. 211 zeigt eine vertikale Steigleitung, wie sie in Bergwerken zur Wasserförderung benutzt wird, mit den wesentlichsten Teilen. Der untere Fußkrümmer bildet den einen festen Punkt der Steigleitung; auf diesem baut sich die meist schmiedeiserne Leitung, Standrohr genannt, auf (gußeiserne Rohre sind zu schwer). Das Standrohr ist unterwegs je nach den örtlichen Schachtverhältnissen vielfach geführt, so daß es mittels zweiteilig aufgebrachter Rohrschellen an senkrechten Stegplatten in Schlitzen auf und ab gleiten kann. Der obere Teil des Standrohres trägt da, wo der hydrostatische Druck bedeutend vermindert ist, die Kompensationsstopfbüchse, damit deren Dichtung leichter in stand zu halten ist. Die gleitenden Stopfbüchsenteile sind sämtlich aus Bronze erstellt. Den zweiten festen Punkt der Steigleitung bildet ein auf Konsolen befestigtes Fußstück, dessen unterer Teil ein Bronzerohr ist, welches in die Stopfbüchse des Standrohres eintaucht und je nach den Streckungen oder Verkürzungen desselben mehr oder weniger tief darin geführt wird. Oberhalb des erwähnten Fußstückes

schließt die Steigleitung, bisweilen über Tag, an die Ausgußleitung an. Nach der gezeichneten Anordnung werden diese Steigleitungen für Schächte von der Firma Franz Seiffert & Cie. in Berlin und Eberswalde angefertigt.

Fig. 212 ist eine in den Knickpunkten der geneigt liegenden Hochdruckwasserleitung [391e] eingebaute Ausgleichvorrichtung von 900 Millimeter lichter Weite, welche außer der Verschiebbarkeit von 200 Millimeter durch Temperatur- bezw. Längenänderungen der Leitung noch den Zweck hat, das Auswechseln der unterhalb gelegenen Flanschendichtungen (vgl. hierzu Fig. 157 und Fig. 198 u. 199) zu ermöglichen. Nachdem die betreffende Flanschenverbindung, sofern deren Dichtung schadhaft ist, gelöst wurde, wird die ganze, unterhalb der Ausgleichsvorrichtung *a* liegende Leitungsstrecke durch Anziehen der in Fig. 212 rechts ersichtlichen Muttern der in dem Mauerkörper des Knickpunktes verankerten Zugstangen *b* so weit in die Ausgleichmuffe hineingezogen, daß die Dichtung zwischen den gelösten Flanschen ausgewechselt werden kann. Es genügen hierzu im oberen Teil der 640 Meter langen Leitung (nach Fig. 198) wenig mehr als 30 mm, für den unteren Teil (nach Fig. 199) etwas über 50 mm Aufwärtsziehen des Leitungsstranges. Nach Einsetzen der neuen Dichtung wird die gelöste Flanschenverbindung mittels besonderer längerer Schrauben wieder zusammengezogen, wobei selbstverständlich die Muttern an der Ausgleichvorrichtung ausgeschwenkt sind; für diesen Zweck sind die beiderseits am Rohr (Fig. 212 rechts) angenieteten Pratzen aufgeschlitzt. Die Ausgleichmuffen haben Bronzefutter.

Kompensation mit Federung. Für mäßige Längenänderungen genügen nach Fig. 213 zwischen die Rohre eingeschaltete nachgiebige Kupfertrommeln *C*, deren Stirnwände sich nähern oder voneinander entfernen können. Die linke Figur zeigt doppelt umgekrempelte Borde, um die Flanschenverbindungen mittels Mutterschrauben herstellen zu können. Diese Trommeln wurden bei der Wasserversorgung von Aix (Frankreich) beim Überschreiten des Kanals von Verdon für 1,752 Meter weite Röhren verwendet. Bei der rechten Figur müssen die in der Kupfertrommel sitzenden Flanschenringe mittels Stift- oder Kopfschrauben mit den Rohrflanschen verbunden werden. Die Federungen sind zu 50 und 100 Millimeter üblich, wonach sich die Dimensionierung der Kupfertrommel richtet. (Siehe die Preisliste.)

Preisliste mit Wandstärken für 50 und 100 Millimeter Federung.

Lichter Durchmesser *D* in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Kupferne Federrohre: für eine Längenausdehnung von 50 Millimeter – Kupfergewicht in kg ca.	Kupferne Federrohre: für eine Längenausdehnung von 50 Millimeter – Abstand von Flansch zu Flansch in Millimeter	Kupferne Federrohre: für eine Längenausdehnung von 100 Millimeter – Kupfergewicht in kg ca.	Kupferne Federrohre: für eine Längenausdehnung von 100 Millimeter – Abstand von Flansch zu Flansch in Millimeter	Preis ohne Verbindlichkeit pr. kg Mark
40	2,5	6,00	500	6,50	500	3,50
50	2,5	8,00	500	9,00	500	3,50
60	2,5	9,00	500	11,00	600	3,50
70	2,5	12,50	600	14,00	600	3,50
80	2,5	15,00	600	17,00	700	3,50
90	3,0	23,00	750	25,00	700	3,50
100	3,0	25,00	750	30,00	800	3,50
125	3,0	34,00	750	42,00	800	3,50
150	3,5	54,00	1000	67,00	1000	3,30
175	3,5	67,00	1000	90,00	1000	3,30
200	3,5	78,00	1000	117,00	1250	3,30
225	4,0	110,00	1250	154,00	1250	3,20
250	4,0	122,00	1250	190,00	1500	3,00
275	4,0	143,00	1250	230,00	1500	3,00
300	4,0	166,00	1250	270,00	1600	3,00

Kompensation mit Kupferbögen (Federbogen, Trompetenrohr). Nach Fig. 214 sind zwei Ausführungen von F. G. Rühmkorff & Co., Hannover, mit Kupferbögen dargestellt; die obere zeigt einen doppelten, sogenannten „Federbogen oder Schwanenhals", die untere ein „Trompeten-

rohr". Der Anschluß für die Rohrleitung ist jeweils bei *rr*, bei *a* ist ein Ablaß zur Spülung des sich hier bildenden Kondensationswasser- oder Schlammsackes vorgesehen. Auch diese Anordnungen sind nur für Längenausdehnungen von wenigen Zentimetern statthaft. Vor dem Einbau sind die Kupferbögen um ca. 1/3 der berechneten Längenausdehnung auseinanderzuziehen, um die Beanspruchungen des Kupfers auf Zug und Druck etwas zu verteilen.

Kompensation mit Streckung. Bei nur geringen Längenunterschieden ist eine einfache nach Fig. 215 dargestellte Kompensation mit Hilfe einer kupfernen Hohlwulst *C* angängig, wobei die Wandung derselben ähnlich der in Fig. 213 eine geringe Streckung erfährt, wenn die Rohre sich in sich zusammenziehen, dagegen nur eine Biegung, wenn sie sich bei der Ausdehnung einander nähern.

Für sämtliche Kupferrohre gilt, daß sie, um gegen Oxydation geschützt zu sein, gut verzinnt werden müssen.

Kompensationen sind bei Brücken oder in Tunnelstrecken, welche geradlinig verlaufen, und zwar in Trace und Visier, weniger notwendig, da sich bei eintretenden Längenänderungen (Streckungen) die Äußerung der Streckung auf die Länge der Rohre verteilt und ihnen eine wenig schlangenförmig gewundene Achse gibt. Dagegen sind die Ausdehnungsvorrichtungen in jenen Strecken unabweisbar nötig, welche in Kurven liegen, weil bei diesen die Neigung vorherrscht, daß alle Verlängerungen sich in den Bogen hineinschieben, diesen also in der Form ändern. Da die beiden Endpunkte der Rohrleitung in der Regel fest eingemauert sind, so bilden diese die Stützpunkte für ein bei der Ausdehnung durch die Wärme mit elementarer Gewalt in Szene gesetztes Sprengwerk, welches die Rohre gegen die äußere Seite des Bogens und falls dort Widerstände im Wege stehen, auch gegen diese hindrückt. Es treten dann, wenn die Rohrwandungen auf Mauern u. dgl. stoßen, Rohrbrüche ein, die sich von den gewöhnlichen Rohrbrüchen ganz unzweifelhaft unterscheiden. Bei den letzteren sind es in der Regel Risse oder Fugen, die sich am Rohr bemerkbar machen, bei den ersteren wird meist ein ganzes Stück der Rohrwand eingedrückt, das mehrere Meter lang und je nach dem Durchmesser des Rohres über die Hälfte des Umfanges breit sein kann.

Denkt man sich den Vorgang bei eintretender Verlängerung in der Weise, daß der eine Stützpunkt der Leitung die Spitze eines rechtwinkligen Dreiecks bildet, dessen Basis die halbe Leitungslänge L im Stollen oder dgl. sei und dessen Hypotenuse die um das Maß l der Ausdehnung größer gewordene Länge derselben ist, so findet sich die Höhe h dieses Dreiecks, welche die Ausbauchung darstellt, bekanntlich zu $h = \sqrt{(L+l)^2 - L^2}$.

In einem Stollen von 1000 Meter Länge würde bei einer Temperaturzunahme um 20 Grad C., wie sie bei Flußwasserleitungen vorkommt, diese Ausbauchung in der Stollenmitte betragen: $h = \sqrt{500{,}1^2 - 500^2} = 10$ Meter, wenn sich die normale halbe Leitungslänge um je 0,2 Millimeter pro laufenden Meter ausdehnt. Der Ausdehnungskoeffizient durch die Wärme ist bei Gußeisen 0,0011 bei 100 Grad Temperaturdifferenz. In Wirklichkeit gestaltet sich die Ausbauchung polygonartig, indem die einzelnen Rohre in den Muffen nachgeben, so daß sich die Verschiebungen teilen; immerhin ist in Tunnelkurven besonderes Augenmerk darauf zu richten, daß, falls Kompensationen nicht zur Anwendung kommen, die Rohre nach der Bogenaußenseite hin nicht an feste Mauern stoßen. Bei höheren Leitungsdrücken, die bekanntlich den Bogen ebenfalls zu strecken suchen, sind Kompensationen unbedingt einzubauen.

Kompensationen aus Metallschläuchen (Wellrohren) s. Fig. 224 (S. 146).

Literatur
über Kompensationsvorrichtungen.

[392] Baumann, Kompensationsvorrichtungen an Rohrleitungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 960. — [393] A large expansion joint. Eng. Rec. 1899, S. 156. — [394] Balanced expansion joint. Enging. Februar 1900, S. 154.

Dichtungen oder Verpackungen (Liderungen).

Bei Wasserversorgungsanlagen kommen mehrere Arten von Abdichtungen vor, je nachdem die betreffenden Gefäße, Rohre u. dgl. beweglich oder fest gelagert sind, gegen Dampf, Wasser, Säuren, Salzlösungen oder Gase abgedichtet werden sollen und hierzu vorbereitete glatte Flächen oder nur rohe Gußhaut besitzen. Es lassen sich im allgemeinen 4 Gruppen unterscheiden: 1. Alle Arten von Stopfbüchsendichtungen an Maschinen, Ventilen und Schiebern; 2. die Flanschenabdichtungen mit bearbei-

teten Dichtungsflächen; 3. die Muffendichtungen bei Rohrsträngen; 4. die seltener gebrauchten Verkittungen und Lötungen.

Im folgenden sollen nun die verschiedenen Gruppen hinsichtlich der bei ihnen gebräuchlichen Dichtungsmaterialien und dem Verhalten dieser im Betriebe besprochen werden.

1. **Stopfbüchsendichtungen.** Wenn eine metallene Stange oder Spindel (Fig. 216) aus einem Gefäße herausragt und zeitweilig oder häufig innerhalb des Gefäßes bewegt werden soll, so muß, um diese Bewegung zu ermöglichen, die Durchdringungsstelle in der Gefäßwand einen wenn auch noch so geringen Spielraum um die Stange herum gestatten. Durch diesen Spielraum sucht nun die im Gefäße enthaltene Flüssigkeit zu entweichen, und zur Vermeidung des Entweichens wird der Spielraum in einer besonderen Vorrichtung, der Stopfbüchse, mittels weicher, schmiegsamer Materialien, die sich um die Stange herum legen und den Spielraum verstopfen sollen, abgedichtet. Da es ohne besonders komplizierte Einrichtungen nicht möglich ist, das Dichtungsmaterial radial an die Stange zu schmiegen, wie es zu einem ringsum dichten Abschluß wohl am besten wäre, so muß dieser Abschluß durch ein mehr oder weniger festes Zusammenpressen des schmiegsamen Materials in axialer Richtung erfolgen, woraus, da die Stopfbüchse ein Ausweichen nach keiner Seite zuläßt, ein gleichmäßiges, je nach dem Grade der Zusammenpressung loseres oder innigeres Anliegen des Dichtungsmaterials an allen Wandungen im Inneren der Stopfbüchse und auch an der Stange, Spindel etc. erfolgt. Diejenige Wandung, welche das Entweichen der Flüssigkeit zunächst begünstigt, ist, wie aus den beiden Figuren 216 u. 217 hervorgeht, die dem Gefäßinneren nächstliegende Grundfläche der Stopfbüchse, und in dieser Fläche ist es nur der innere, um die Stange herum liegende kreisförmige Spielraum. Es wird also die Aufgabe jeder Stopfbüchse sein müssen, zunächst diese Kreisfuge abzudichten, damit ein weiteres Herausquellen der Flüssigkeit zurückgehalten wird. Zu diesem Zwecke ist die Grundfläche kegelförmig gegen die Stange zu geneigt abgedreht; es wird durch Zerlegung der axialen Pressung infolge der geneigten Ringfläche, derjenigen Komponente, die gegen die Stange gerichtet ist, Gelegenheit gegeben, wirksam aufzutreten; das Dichtungsmaterial wird förmlich veranlaßt, auf der geneigten Ebene rings gegen die Stange hinzugleiten und so die Kreisfuge zu verschließen.

Da die Herstellung dieser kegelförmigen Ringfläche auf dem Grunde einer tieferen Stopfbüchse etwas schwierig ist, so trennt man den unteren Teil der Stopfbüchse hier in zwei Teile, den festen Teil, der den eigentlichen Stopfbüchsenkörper (das Gehäuse, „die Büchse") bildet, und einen beweglichen einzusetzenden Teil mit der Kegelfläche, den sogenannten „Grundring". Ferner ist bei größeren Objekten die „Büchse" meist mit dem ganzen Gefäße aus einem Gußstück (in der Regel Gußeisen) angefertigt, während der eingesetzte, verhältnismäßig leichte „Grundring" in der Regel aus Bronze hergestellt wird. Diesem „Grundring" fällt, wie im folgenden klargelegt wird, nächst dem Dichtungsmaterial die Hauptaufgabe zu, das dauernde Dichthalten einer Stopfbüchse zu gewährleisten.

Mittels der „Brille", dem auf dem Dichtungsmaterial aufsitzenden beweglichen Stopfbüchsenteil, auch kurz „Stopfbüchse" genannt, kann unter Anziehen der Stopfbüchsenschrauben das nachgiebige Material im Inneren der Büchse allerdings immer wieder zusammen- bezw. an die Stange herangepreßt werden; allein nicht nur erschöpft sich durch die beschränkte Länge der Schrauben deren Wirkung, sondern das Dichtungsmaterial erleidet endlich in seiner Struktur durch die immer größer werdende Pressung derartige Veränderungen, daß es, statt schmiegsam zu bleiben, hart, spröde und brüchig wird, und die beabsichtigte Anlehnung an die Stange nicht mehr herbeiführt. Der „Grundring" kann nun bis zu einem gewissen Grade das Dichtungsmaterial entlasten, wenn er richtig dimensioniert, d. i. nicht zu weit und nicht zu kurz ist. Die richtige, mit dem Minimum von Spielraum erstellte Lichtweite des Grundringes vermindert die Angriffsfläche der Flüssigkeit auf das Dichtungsmaterial, und es wird das letztere nicht durchweicht, besonders während längeren Stillstandes der Stange oder Spindel. Sodann nötigt der möglichst kleine Ringspalt nicht zum Hineinzwängen des Dichtungsmaterials zwischen Stange und Grundring beim Anpressen der „Brille". Es wird zwar durch dieses Hineinzwängen jede leckende Stopfbüchse sofort dicht, aber nur solange keine Bewegung, besonders keine einwärts gehende Bewegung der Stange stattfindet. Wird die Stange aber nach einwärts bewegt, so zwängen sich die an der Stange haftenden Teilchen des Dichtungsmaterials mit in den Spielraum hinein und zerstören den Zusammenhang der Einlage. Ebenso hat die Länge des Grundringes einen Einfluß auf die Haltbarkeit der Dichtung. Jede Stange oder Spindel setzt im Inneren des Gefäßes bei längerem Stillstand einen Niederschlag aus der Flüssigkeit (oder eine Oxydschicht ihres eigenen Metalles) auf der Stangenoberfläche ab, der den Durchmesser der Stange vergrößert. Beim Heraustreten der Stange wird dieser manchmal sehr harte Niederschlag zunächst von dem nunmehr passenden Grundring abgestreift und dadurch unschädlich für die Dichtung ge-

macht. Ist der Grundring lang genug, so kann er diesen Abstreiferdienst länger besorgen als ein kurzer Ring, denn auch von seinem Metall geht nach und nach durch das Hindurchzwängen der nunmehr rauhen Stange verloren. Umsomehr aber von dem Dichtungsmaterial.

Bei Pumpmaschinen kann nach längeren Stillständen beobachtet werden, daß ganze Flocken des Dichtungsmaterials mit der allmählich rissig und riefig gewordenen Stange herausgerissen werden. Daß dieser Übelstand besonders bei eisernen oder stählernen Stangen, die zu Rostansätzen neigen, eintritt, ist leicht zu verstehen.

Unter allen auf den Markt gekommenen, mit den verlockendsten Namen bedachten Stoffen zu Dichtungsmaterialien befindet sich keiner, der für alle Zwecke oder für lange Dauer sich eignet. Die fettesten Dichtungen sind noch die besten, und unter diesen die geflochtenen oder gewobenen mit flüssigem Talg durchtränkten Zöpfe. Sie bieten wenigstens die Gewähr, daß beim Anziehen der Stopfbüchse ihr Fettgehalt aus dem Innern heraus an die Oberfläche, also auch an die Stange abgegeben wird und so zur Verhütung des größten Übels beitragen kann, das einer Stopfbüchse beschieden ist: des Einrostens. Auch dient die fettig erhaltene Oberfläche der Stange oder Spindel zur leichten Beweglichkeit in der Stopfbüchse, selbst wenn die Dichtung bedeutend zusammengepreßt wurde. Daß die Art des Fettes nicht ohne Einfluß auf das Metall der Stange ist, liegt auf der Hand; freie Säuren dürfen in dem Fett nicht enthalten sein.

Viele Betriebe fertigen sich das Verpackungsmaterial für ihre Stopfbüchsen selbst an, indem sie reinen Hanf zu Zöpfen flechten, die in der Stärke dem jeweiligen Zwischenraum zwischen Stange und Büchse entsprechen, daher aus 2 bis 5 Strähnen Hanf bestehen können. Diese geflochtenen Hanfzöpfe werden dann in eine heiße Rindstalg(Unschlitt)schmelze gelegt und 24 Stunden in der heißen Lösung belassen. Nach dieser Zeit hat sich jede einzelne Hanffaser mit Talg satt angesaugt und bewahrt den Talg bis zur Wiederabgabe beim Zusammenpressen in der Stopfbüchse. Das Anfertigen dieser selbstgeflochtenen Hanfzöpfe hat den Vorteil, daß man weiß, aus welchen Grundstoffen sie bestehen. Beim Aufbewahren der Zöpfe muß selbstverständlich dieselbe Sorgfalt beobachtet werden wie mit anderen derartigen Dichtungsmaterialien; sie sollen staubfrei liegen und namentlich vor Sand u. dgl. scharfen Körnern geschützt werden, die den Verschleiß jeder Stangendichtung einleiten. Das Aufbewahren geschieht am besten in einer kühl stehenden dicht verschlossenen Blechbüchse.

Das Anziehen der Stopfbüchsenbrille wird, wie in der Fig. 216 ersichtlich, mittels sogenannter Stopfbüchsenschrauben bewirkt. Bei kleinen Stangendurchmessern werden 2, bei größeren 3 und mehr symmetrisch um den Mittelpunkt verteilte Schrauben angebracht. Sind nur 2 Schrauben vorhanden, so geschieht es zuweilen, daß die „Brille" s c h i e f angezogen wird, und zwar dann, wenn die Verbindungslinie beider Schrauben nicht durch den Mittelpunkt der Spindel geht. Es

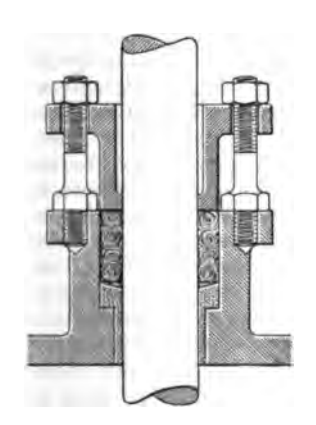



Fig. 216. Stopfbüchse mit Brille.

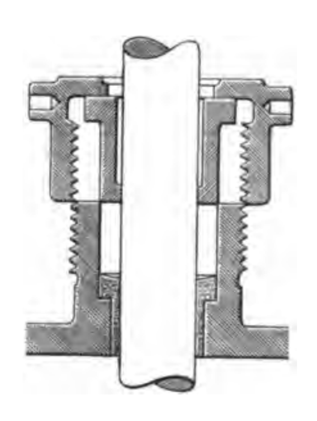


Fig. 217. Stopfbüchse mit Überwurfmutter.



Fig. 218. Lederstulpen- oder Manschettendichtung.

ist dann nicht möglich, die Stopfbüchse überall konzentrisch um die Stange zu erhalten. Bei Anordnung von 3 oder mehr Schrauben fällt dieser Übelstand weg, da es immer gelingen muß, mit einer der 3 Schrauben das erforderliche Gleichmaß herbeizuführen.

Bei kleineren Stopfbüchsen, die ganz aus Messing oder Bronze angefertigt werden, fehlt meist der Grundring als loser Ring; seine Funktion versieht dann das Stopfbüchsengehäuse in dem unteren Teil. Die „Brille" wird hier durch die sogenannte „Überwurfmutter" (s. Fig. 217) ersetzt, die mittels Gewinde auf das Unterteil aufgeschraubt wird, wozu die seitlich vorstehenden Angüsse zum Einstecken eines Dornes oder Ansetzen eines Mutterschlüssels (auch Hakenschlüssels) dienen.

Damit beim Zudrehen der Überwurfmutter die Dichtung nicht mit an der Drehung teilnimmt, ist der Teil der Stopfbüchse, welcher in den Packungsraum hineinragt und die Zusammenpressung bewirkt, der sogenannte „Stopfring", lose auf die Spindel geschoben. Die Überwurfmutter dreht sich auf dem oberen Bord des Stopfringes und dieser wird beim Fortschreiten der Mutter axial in die Büchse hineingeschoben. Mit dieser Anordnung von Überwurfmuttern ist die Annehmlichkeit verbunden, daß die Stopfbüchse nie „klemmt", da sie nicht einseitig schief angezogen werden kann.

Auf einen Nachteil, der sich besonders bei Absperrschiebern, die senkrecht (normal) montiert sind, zeigt, sei noch hingewiesen. Die „Brille" oder der „Stopfring" besitzt zweckmäßig eine Länge gleich der Packungstiefe, so daß von außen erkannt werden kann, wie viel Dichtungsmaterial (Höhe) in der Stopfbüchse noch vorhanden ist. Schließt nun die Brille auf ihrer ganzen Länge an die Spindel an, wobei natürlich wiederum für Bewegung ein gewisser minimaler Spielraum wie beim Grundring gestattet sein muß, so kommt es vor, wenn Schieberspindeln lange nicht bewegt wurden, daß sie in der Brille auf der ganzen Länge festsitzen, wie wenn sie eingekittet wären. Die Ursache ist das Herabträufeln von Schwitzwasser mit Rostlösungen vom Gestänge her, verbunden mit Straßenstaub u. dgl. Diese Unreinigkeiten sitzen in der Brille und an der Spindel sehr fest an und es mag das schwere „Gehen" mancher Schieber darauf zurückzuführen sein; es kann auch die Ursache eines Spindelbruches werden. Abhilfe trifft man am einfachsten dadurch, daß die Lichtweite der Brille bis auf 10 Millimeter herab größer ausgedreht wird (wie in Fig. 216 u. 217 gezeigt ist), so daß nur der 10 Millimeter schmale Bund verbleibt, der ein Zusammenkitten zwischen Brille und Spindel ermöglichen könnte. Dieser bietet beim Drehen der Spindel dann nur einen Bruchteil des früheren Widerstandes. Der hohl ausgedrehte Spielraum in der Brille füllt sich mit der Zeit allerdings wieder mit Schmutz an; letzterer erreicht aber nicht mehr den festen Zusammenhang mit der Spindel wie vorher, und kann durch Einträufeln von Petroleum, Öl u. dgl. in der Regel bald gelöst werden.

Auf die verschiedenen Arten von Metallpackungen hier einzugehen, würde zu weit führen; es sei auf die einschlägige Literatur in der „Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen." hingewiesen und nur bemerkt, daß deren Verwendung sich nur dort empfiehlt, wo durch hohe Temperatur (heißes Wasser oder überhitzter Dampf etc.) jede andere textile Dichtung verbrennen würde. Auch Asbestpackungen sind nicht unverbrennlich, haben im Gegenteil noch den Übelstand, daß sie im Wasser faserig werden. Die besten Mittel zur dauerhaften Instandhaltung einer Stopfbüchse mit Stange und Ringen aus Bronze sind fette Zöpfe aus Hanf oder Baumwolle.

Eine Abart der Stopfbüchsendichtung ist die für sehr hohe Pressungen und für große Stangendurchmesser gebräuchliche Lederstulpen- oder sogenannte „Manschettendichtung". In Fig. 218 ist die obere Anordnung gültig für hydraulische Preßzylinder oder hydraulische Aufzüge, die untere für Preßpumpenkolben. Bei der oberen Anordnung wird durch die hohe Wasserpressung der im Wasser ohnedies geschmeidig erhaltene Lederstulp nach Maßgabe der Pfeile sowohl an die Kolbenstangenfläche als auch in die nutenförmige Vertiefung der Zylinderwand angedrückt. Bei der unteren Anordnung ist der Doppelstulp mittels einer Art Stopfbüchsenschraube auf den ringförmigen Zylinderabsatz aufgepreßt und wird durch den Wasserdruck, der auf die äußere Stulpenmantelfläche größere Flächendruckwirkung ausüben kann als auf die innere, an die Preßpumpenkolbenstange angedrückt. Zur Anfertigung der Lederstulpen bedient man sich besonderer Vorrichtungen, sogenannter Manschettenpressen. In ihnen bleibt das vorher in Wasser erweichte Leder (Kernrindsleder) oft mehrere Tage lang gepreßt eingespannt. Zu beachten ist hierbei, daß die Haarseite des Leders diejenige ist, welche zur Abdichtung infolge ihrer glatten fettigen Oberfläche an die Kolbenstangenseite gebracht werden soll. Bei manchen hydraulischen Preß- oder Hebevorrichtungen ist es möglich, die immer gleichbleibende Wassermenge wieder zu verwenden; es wird derselben dann Glyzerin beigemischt, welches nicht nur die Gefahr des Einfrierens vermindert, sondern auch zur Schmierung und Konservierung der Manschettenliderung wesentlich beiträgt.

2. **Die Flanschenabdichtungen** (vgl. S. 98 die Fig. 105 bis 108). Hierzu werden im Wasserversorgungswesen da, wo es sich um Abdichtung gegen Wasserdruck handelt, in der Regel die bekannten Gummidichtungen verwendet. Die Eigenschaft des Gummis oder Kautschuks, beim Zusammenpressen eine Gegenkraft zu äußern und diese auch im gepreßten Zustande lange zu bewahren, die Elastizität, befähigt ihn in hervorragendem Maße zu dem beabsichtigten Zweck. Da jedoch einerseits wegen der Kostspieligkeit des Gummis, anderseits wegen der mit hoher Elastizität verbundenen Eigentümlichkeit des Auseinandergedrücktwerdens (Zerfließens) reiner Gummi nicht zur Anwendung gelangen kann, so wird dieser nur als elastisches Zwischenglied in ein Gewebe von Hanfgarnen eingebettet oder auch das Hanfgewebe innen und die Gummihaut an der Außenseite der Dichtungsplatte angeordnet. Hiernach unterscheidet man Gummidichtungen mit Hanfein- oder Hanfumlage, manchmal in wiederholter Form: mit Hanfein- und -umlage. Letztere

ist die bessere, da sie die Elastizität zweier voneinander durch die Hanfeinlage getrennten Gummiplatten vereinigt mit der Widerstandsfähigkeit der äußeren Hanfumlagen.

Die Umhüllung des Gummis mit Hanf hat leider eine üble Begleiterscheinung im Gefolge, welche die Verwendung der Gummidichtungen von manchen Stellen ausschließt. Es ist dies die Erscheinung der Osmose, welche jede Textilfaser befähigt, gewisse Lösungen von Salzen unter allen Umständen durchtreten zu lassen. Bei Leitungsanlagen, die Dampf oder, da Dampf nie ohne Kondensationswasser zu leiten ist, ein Gemisch von Dampf und Wasser führen, bleiben die zwischen den Flanschen liegenden Gummidichtungen, Asbestdichtungen, kurz alle Arten Dichtungen, die mit textilen Fasern vermischt sind, rein und beständig, solange der Dampf oder das Gemisch rein sind, z. B. in den direkten Dampfleitungen vom Kessel zu Maschine. Sind in dem Gemisch jedoch Salzlösungen enthalten, wie z. B. in den Wasserstandsapparaten (Gläsern) der Dampfkessel, die zur Vermeidung des Ansatzes von Kesselstein mit irgend einer alkalischen Lösung gespeist werden, so tritt das Salz, solange es gelöst im Kesselwasser enthalten ist, durch die faserigen Dichtungen der Flanschen am Wasserstandsapparat, an den Ablaßhahnen, an den Speisevorrichtungen u. dgl. heraus, mögen die Dichtungen zusammengepreßt werden soviel sie wollen, und das Salz kristallisiert dann unter Verlust des Lösungswassers durch Verdampfung oder Verdunstung in oft bizarren Formen um die Flanschen herum aus. Auch hinter den Dampfzylindern der Maschinen, kurz in allen Abdampfleitungen, die fettigen Dampf führen, dem durch die Schmierung der Kolben, Schieber u. dgl. Öl in feinster Verteilung beigemischt ist, treten durch die Flanschenverpackungen trotz alles Anziehens der Flanschenverbindungsschrauben die salzhaltigen Öle hindurch und tropfen, da sie in der fettigen Begleitung nicht zur Kristallisation kommen, von den Flanschen ab. Dabei wird nie beobachtet, daß eine Verpackung an einer der erwähnten Flanschen undicht wäre, Wasser oder Dampf durchbliese; im Gegenteil, gerade diese Flanschen sind dicht gegenüber dem reinen Gefäßinhalt, den sie abdichten sollen. Auch hat die Pressung im Gefäß keinerlei Einfluß auf diese den Betrieb nur äußerlich berührenden Erscheinungen; aus dem Dampfkessel mit Pressungen bis über 10 Atmosphären treten die Salze ebenso durch die Dichtungen, wie aus der Abdampfleitung mit nur atmosphärischem Druck.

Gegen die unerwünschte Verunreinigung der genannten Flanschenverbindungen hilft dann nur das Auswechseln der faserigen Dichtungsringe gegen metallische oder solche, die keinerlei Faser enthalten (Vulkanit, Totonit und viele andere, aus vulkanisiertem Kautschuk mit Graphit versetzten Dichtungsmaterialien bestehend). Für die Wasserleitungen kommt die Osmoseeigenschaft der Flanschendichtungen bei Schiebereinbauten, Streifkasten, Teilkasten u. a. dann in Betracht, wenn der umgebende Boden salzhaltig oder sonst verunreinigt ist; denn so gut die Lösungen aus dem Rohrinnern nach außen hindurchtreten, ebenso wird das Umgekehrte stattfinden. Es wird hierauf manche nicht auffindbare Ursache von Wasserinfektionen zurückzuführen sein.

Die metallischen Dichtungsmaterialien (Bleiblech, Kupferblech, alle Sorten Legierungen) haben für Flanschenabdichtungen den Nachteil, daß sie, einmal zusammengepreßt, nicht wieder auseinander gehen; es entstehen durch die unvermeidlichen Längenänderungen, hervorgerufen durch Temperaturschwankungen, alsbald Lockerungen der Verbindungsstellen. Eine Abhilfe bietet die Einlage eines elastischen, aber reinen, nicht mit Pflanzenfaser versetzten Gummikernes zwischen zwei Metallblechen, wie sie im Handel (unter anderem bei Friedr. Götze, Kupferdichtungsringefabrik, Burscheid bei Köln a. Rh.) zu haben sind. Natürlich ist deren Anschaffungspreis gegenüber den Hanfgummiringen ein sehr hoher.

Asbestdichtungen sind für Wasserleitungen nicht zu gebrauchen; der Asbest (Steinflachs) wird faserig und durchlässig, da er schnell durchweicht. Nur bei ganz trockenem Dampf oder heißen Abgasen hat er sich gut bewährt. Der Steinflachs kann für sich allein wegen seiner Sprödigkeit nicht gesponnen, gewoben, überhaupt zu Dichtungsplatten verarbeitet werden; deshalb hängt seine Struktur mehr oder weniger vom Zusatz der bindenden Pflanzenfasern ab, mit dem die Asbestplatte dann alle deren Eigentümlichkeiten übernimmt.

Die richtige Aufbewahrung von Gummidichtungen ist insofern wichtig genug, als das Gummimaterial in der Wärme (40 bis 50 Grad C.) weich und klebrig, in der Kälte aber hart wird; hingegen ist seine Haltbarkeit im Wasser von langer Dauer. Man hält es deshalb am besten in mäßig kühlen, jedoch nicht zu trockenen Räumen auf Lager. Um sich zu überzeugen, ob man reinen, nur vulkanisierten (d. i. mit Schwefel bei 150 Grad C. gekochten) Gummi ohne Beimengung von Bimsstein, Schwerspat oder Sand vor sich hat, nimmt man den Gummi zwischen die Zähne; ist er nicht rein, so fühlt man das knirschende fremde Material. Der reine technische Gummi wird auch „Paragummi" genannt Nach Thiem sind folgende Bedingungen für Lieferung von aus reinem Paragummi hergestellten Ringen empfehlenswert: Spezifisches Gewicht 0,9729. Aschengehalt 0,75 %, verbrennlich sind 99,25 %. Ein Stück von 15 Zentimeter Länge und 1,62 Zentimeter Durchmesser nimmt im Ätherdampf eine Länge von 22,3 Zentimeter an und 100 Gramm organische, d. h. verbrennliche Substanz absorbieren 174 Gramm Äther. Bei einer

dreifachen Vermehrung oder Verminderung der ursprünglichen Länge darf die Elastizitätsgrenze nicht überschritten werden; die doppelte Länge der ursprünglichen wird erzeugt durch Belastung mit 3,97 Kilogramm Gewicht pro Quadratzentimeter ursprünglichen Querschnitt.

Die Dichtungsflächen der Flanschen sind immer bearbeitet; am besten eignen sich die durch Abdrehen hergerichteten Flächen, weil in ihnen die Dichtungsrillen schon von der Bearbeitung her in großer Anzahl und feiner Verteilung über die ganze Fläche enthalten sind. Diese Rillen, kleine halbrunde oder dreieckige Vertiefungen, geben dem Dichtungsmaterial beim Zusammenpressen einen innigen Anhalt an dem Metall der Flansche, welcher es vor dem Herausquetschen schützt. Manche Flanschen, besonders solche, die gegen hohen inneren Druck abdichten müssen, sind mit besonders tief eingedrehten Rillen versehen. Eine Abart von Flanschendichtung kommt bei den sogenannten Mannlöchern oder bei Schlammputzlöchern an Dampfkesseln vor; diese sind von ovaler Form und nicht bearbeitet. Man nimmt deshalb hier zur Abdichtung eine dicke, sogenannte Mannlochschnur, von quadratischem oder flach rechteckigem Querschnitt, in deren Mitte der elastische Gummikern und um diesen herum gummierte Hanfleinen angebracht ist. Die Schnur wird nach Maß entweder in der Fabrik fertig oval hergestellt, oder in Rollen gekauft, bei Bedarf auf die nötige Länge abgeschnitten, wobei für eine schräge Überblattung, die zusammengenäht wird, zuzugeben ist.

Nachstehend folgen einige Preisangaben von Metall- mit Gummi, Asbest etc. garnierten Flanschendichtungsringen, in Pfennigen per Stück:

Name der Fabrik und Benennung des Dichtungsringes	Lichtweite der Rohrleitungen in Millimeter									
	40	50	80	100	125	150	175	200	225	250
Alfred Calmon, Hamburg:										
„Dauerring“	18	27	36	45	54	63	72	81	90	105
Asbestdichtung mit elastischer Kupfereinlage.										
Gustav Melcher & Co., Düsseldorf:										
Deisenhofers Dichtungsringe . .	33	45	70	95	126	168	195	225	242	275
Aus weißer Metallkomposition mit ringförmigen scharfen Kanten.										
Dr. Graffenberger, Charlottenburg:										
Krügers Patent-Dichtungen										
(D. R.-P. 74995)	25	25	40	50	65	85	95	120	135	160
Mit durchlöcherten Metallscheiben als Kern, durchflochten von elastischen Dichtungsschnüren, Asbest oder Hanf.										
Aug. Söhlmann, Wurzen i. Sachsen:										
Söhlmanns Dichtungsringe										
in Aluminium ausgeführt . . .	22	24	30	38	44	52	58	65	95	100
in Kupfer „ . . .	18	20	28	36	42	50	55	60	75	80

Um Dichtungsringe jeglicher Art öfter verwenden zu können, empfiehlt sich deren vorheriges Bestreichen mit Graphit (Ofenschwärze); sie lösen sich dann leicht von den Flanschen ab.

3. **Die Muffendichtungen** (vgl. S. 94 die Fig. 82 bis 92, 97 bis 103). Auch bei den Muffendichtungen wird Gummi als Dichtungsmaterial zur Anwendung gebracht, wie bei den betreffenden Muffenrohrverbindungen jeweils angegeben ist (s. die Fig. 97 bis 103, und die meisten der gelenkigen Rohrverbindungen). Die Qualität des hierbei verwendeten Gummis muß jedoch wegen der notwendigen Elastizität die beste sein; dies ist bei dem sogenannten Paragummi der Fall, weil in diesem keinerlei fremde Beimischung enthalten ist, außer des zur Fabrikation von Formringen unumgänglich notwendigen Schwefels, der zum Flüssigmachen des Gummis dient und nach dem Erkalten seine Elastizität noch erhöht. (Lieferungsbedingungen für Paragummiringe s. S. 139 u.)

Die weitaus überwiegende Methode des Verdichtens von Muffenröhren ist jedoch der Bleiverguß (verschiedene Muffenformen s. Fig. 82 bis 92). Das Blei wird in eisernen Kesseln über Holz- oder Koksfeuer bei 290 bis 335 Grad C. geschmolzen und mit erhitzten eisernen Löffeln in die mit Kordeln (Hanfstrick, Teerstrick) vorher bis auf eine bestimmte Tiefe verstemmte

Muffe eingegossen. Die Kordeln verhindern das Eindringen von Blei in das Innere der Rohrleitung und geben dem Rohrverband schon den ersten Halt, den er während des Vergießens haben muß, um ringsum gleiche Bleidichtungsstärke zu erhalten. Bei nicht sorgfältig aneinander stoßenden Rohrenden gelangen bisweilen von der Kordelung, die mit sogenannten Kordeleisen (Strickeisen) in die Muffenbecher eingetrieben wird, Teile zwischen das Schwanzende und den Muffengrund, wohl auch ins Innere des mit der Muffe versehenen Rohres und tragen so zur Verunreinigung des Rohrnetzes wesentlich bei, wie aus den Befunden an Wassermessern am deutlichsten hervorgeht, vor deren Siebeinrichtungen die Kordelreste gewöhnlich sich stauen. Bei salzhaltigem Wasser ist die Bleidichtung zu vermeiden.

Da das Blei mit sehr hoher Temperatur in die Muffe eingegossen wird, besonders im Winter und bei großen Lichtweiten, wo die Gefahr vorliegt, daß ungenügend warmes Blei während des Herumfließens um das kalte große Rohr vorzeitig erstarrt, so folgt daraus, daß der hohen Temperatur entsprechend ein ebenso starkes Zusammenziehen nach dem Erkalten eintritt. Blei zieht sich beim Festwerden aus dem flüssigen Zustand um $^{1}/_{92}$ zusammen = 0,0108 seiner Länge. Bei einer Muffe z. B. von 250 Millimeter lichtem Rohrdurchmesser beträgt der Umfang des Bleiringes rund 92 Zentimeter; beim Erstarren zieht er sich also um 1 Zentimeter zusammen. Das Rohr, auf dem er sitzt, gestattet keine derartig große Zusammenziehung, sonst würde es zerdrückt werden müssen; daher streckt sich der Bleiring während des Erstarrens, und dies umso leichter, je dünnflüssiger, also überhitzter der Bleiguß gewesen ist. Ist das Blei einmal erstarrt, so beginnt seine Festigkeit, die während des flüssigen Zustandes nahezu Null war, zuzunehmen. In dem Grade, als es sich abkühlt, wird seine Festigkeit immer größer, gleichzeitig zieht es sich aber noch weiter zusammen, wenngleich nicht mehr so viel, wie früher beim Übergang vom flüssigen Zustand in den starren von 100 Grad C.; der Koeffizient von 100 Grad auf 0 Grad ist 0,0028 = $^{1}/_{355}$, also rund ein Viertel der Zusammenziehung aus dem flüssigen Zustand. Die Folge dieser beim Abkühlen entstehenden geringen Zusammenziehung ist ein sehr festes Anpressen des Bleiringes an das glatte Rohrende unter gleichzeitigem Lösen des vorherigen Anschlusses an die Innenwandung der Muffe. Bei dem nunmehr erfolgenden Verstemmen des um wenig vorstehenden Bleiringes wird die Ungleichheit des Anliegens an beide Rohrwände nur zum Teil wieder aufgehoben, da es mit den eisernen Stemmern nur auf wenige Zentimeter Tiefe gelingt das Blei in die Muffe hineinzustauchen oder den überall anliegenden dichten Verschluß herbeizuführen. Durch das Stemmen mag auch ein Teil der an sich nutzbar auftretenden Reibung zwischen Blei und glattem Rohrende von der Abkühlung her wieder vereitelt werden, wie sich an herausgetriebenen Bleiringen besonders bei größeren Rohrlichtweiten, glatten Muffenwänden und Pressungen über 6 Atmosphären des öfteren beobachten läßt. Diese Muffen lecken dann in der Regel ganz bedeutend, und nur durch mehrmaliges Nachstemmen des vorstehenden Bleiringes und Vorsetzen einer zweiteiligen, fest auf das glatte Rohr gespannten starken schmiedeisernen Rohrschelle kann dem weiteren Herausdrücken des Bleiringes Einhalt getan werden.

Beim Gießen der Bleidichtungen ist dann äußerste Vorsicht geboten, wenn die Kordelung naß eingebracht wurde oder wenn Wasser aus bestehenden Rohrnetzen in das neu verlegte Stück läuft oder sonst Wasser aus den Rohrgraben zur Muffe gelangen kann. Durch die hohe Schmelztemperatur des Bleies wird jeder Wassertropfen plötzlich in Dampf von hoher Spannung verwandelt, der das flüssige Blei während des Gießens aus der Muffe zurücktreibt, wo es den Arbeitern, die zum Eingießen scharf zusehen müssen, in Gesicht und Augen spritzen kann.

In neuerer Zeit hat man versucht, das Schmelzen des Bleies für Muffendichtungen dadurch zu umgehen, daß man das Blei in Form von Zöpfen, die aus sogenannter „Bleiwolle“ (feinen langen Bleispänen) bestehen, wie die Kordeln in die Muffe einbringt und durch kaltes Verstemmen fest in die Muffe einpreßt. Dieses neue Verfahren (von Aug. Bühne & Co., Metallzerkleinerungswerk in Freiburg i B. erfunden D. R.-P. Nr. 164369 [325 g]) scheint nach vorliegenden Versuchen der Gas- und Wasserwerke Mannheim, sehr gute Ergebnisse geliefert zu haben, wie nachstehendem Bericht zu entnehmen ist. Es wurden Muffenrohre von 150 Millimeter Lichtweite mit der Bleiwolle verstemmt und auf 35 Atmosphären Druck geprüft. Die Dichtung hielt diesen Druck aus und der Versuch wäre weitergeführt worden, wenn nicht die Gefahr des Reißens der Rohre befürchtet worden wäre. — Ein weiterer Versuch wurde mit einem 200 Millimeter-Rohr gemacht, indem die Muffen mit der Bleiwolle verstemmt und dann mittels einer hydraulischen Ausziehvorrichtung (s. § 61) auseinandergezogen wurden. Es war hierzu ein Druck von 365 Atmosphären notwendig. (Dieses Resultat deckt sich ziemlich mit den bei alten ausgegrabenen verbleiten Muffen gefundenen Werten.) Es wurden auch 4 Wasserleitungsrohre von 100 Millimeter Lichtweite zu einem Strange vereinigt und nach dem Bleiwolleverfahren abgedichtet; dann wurden die Enden unterstützt, so daß der Strang freilag. Eine Durchsenkung wurde dabei nicht wahrgenommen. Bei einem gleichen Versuch mit verstemmtem eingegossenen Blei fand dagegen eine erhebliche Durchsenkung statt. — Es ist erklärlich, daß, wie aus dem Letztangezogenen des Berichtes hervorgeht, die Tragfähigkeit bei dem neuen Verfahren zunimmt. Der

erste Bleizopf wird auf den Kordelgrund aufgestemmt, jeder weitere Bleizopf füllt somit, wie der erste, den ganzen Dichtungsraum aus, sich an alle Wandungsflächen fest anpressend. Es wird daher die ganze Muffentiefe kompakt geschlossen, entgegen den beim Vergießen eigentümlichen, im vorhergehenden beschriebenen Streckungserscheinungen. Wenn sich das Verfahren einbürgern sollte, woran nicht zu zweifeln ist, da es unter Umständen billiger werden kann als das bisherige Vergießen, so wäre damit ein erheblicher Fortschritt im Rohrlegen erreicht. Witterungsverhältnisse, nasse Rohrgräben würden nicht mehr hindern, der ganze umständliche Gießapparat mit den Lehmköpfen und die Vorsicht beim Gießen wäre überflüssig. Es wird zwar der Preis für Bühnes Bleiwolle stets höher sein müssen als für das rohe Gußblei (er ist für erstere heute 58 Mark pro 100 Kilogramm, während Gußblei in Blöcken ca. 35 Mark kostet); allein nach dem bereits erwähnten Vorzug des erhöhten Gleitwiderstandes bedarf der Bleiwollering in der Muffe nicht die ganze Höhe des normalen Gußbleiringes. In der Tabelle auf S. 143 sind die Bleiringhöhen und Bleigewichte für beide Arten von Muffendichtungen (nach Bühne) aufgeführt. Es geht daraus hervor, daß z. B. eine 100 Millimeter-Rohrmuffe bei normaler Gußbleidichtung eine Bleiringhöhe von 40 Millimeter, dagegen bei Bleiwolledichtung eine solche von 30 Millimeter nötig hat; die Bleigewichte stellen sich demnach auf 1,35 Kilogramm gegen 1 Kilogramm. Würden sich die Preise umgekehrt verhalten, so wäre eine Differenz nicht vorhanden; dem ist nach den heutigen Preisen nicht so. Es muß jedoch auch berücksichtigt werden, daß die Mehrkosten für den Transport des Bleies und die Anschaffungs- und Transportkosten des Brennmaterials (Holz und Koks) für die Gießmuffe bisweilen nicht unerheblich sind. Vorläufig kann über das Bühnesche Dichtungsverfahren gesagt werden, daß es sich in manchen Fällen als einziges Auskunftsmittel behaupten wird, und zwar: 1. Bei Leitungen, die an feuergefährlichen Stellen verlegt werden sollen, wo also kein glühendes Koksfeuer unterhalten werden darf, z. B. in Wäldern, Gruben, Speichern, Sprengstofffabriken u. s. w.; 2. Bei Leitungen von größerem Kaliber, die im Winter verlegt werden müssen, weil geschmolzenes Blei beim Gießen leicht vorzeitig erstarrt; 3. Bei Leitungen in sehr tiefen Gräben, weil das Hinunterbieten des geschmolzenen Bleies, und in nassen Gräben, weil das Gießen des Bleies in nasse Muffen nicht ohne Gefahr für die Arbeiter ist.

Ein weiteres Dichtungsmaterial für Muffenröhren wird von den Kunststeinwerken „Granitos" in Charlottenburg (Helmholtzstr. 6—8) auf den Markt gebracht; es heißt „Metallzement" und besteht in der Hauptsache aus Stein, dem irgend ein geheim gehaltenes Mittel beigemengt ist. Da dieses Dichtungsmaterial aber auch über Feuer flüssig gemacht werden muß (es schmilzt bei 120 Grad C., hat ein spezifisches Gewicht von nur 1,9 [Blei 11,42]) und sofort erstarrt und hart wird, kann es höchstens für Verdichtungen von Zementröhren u. dgl. angewendet werden, wo ein Nachstemmen nicht erforderlich ist. Die Festigkeitsversuche, welche mit „Metallzement" auf der mechanisch-technischen Versuchsanstalt der Königl. technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg angestellt wurden, ergaben ein Herausdrücken der Muffendichtung erst bei über 100 Atmosphären. Zugversuche mit vergossenen Ankerstangen in Gußeisen bei 125 Millimeter Einsatztiefe des Ankers ergaben dortselbst folgende Zugkräfte bei Beginn des Herausziehens:

Anker in Portlandzement (5 Tage erhärtet)	3750	Kilogramm
„ „ Blei	6750	„
„ „ Schwefel	7500	„
„ „ Metallzement	10750	„

4. **Verkittungen und Lötungen.** Wenn Flächen abzudichten sind, ohne daß sie mittels Schrauben zusammengehalten werden können, so greift man zu dem Mittel der Verkittung. Diese Fälle können eintreten bei Windkesselhauben, an denen alles vermieden werden soll, was ein Entweichen der gespannten Luft begünstigt: defekte Dichtungen, Strecken der Schrauben u. s. f. oder bei Flanschen, die eingemauert werden oder sonstwie für immer unzugänglich bleiben, oder endlich für Verbindungen, die durch Hitze, Säuren, Dämpfe u. dgl. in den Dichtungen notleiden würden. Da es sich im Wasserversorgungswesen hauptsächlich um die ersteren beiden Fälle, die auch durch die Fig. 219 erläutert sind, handelt, und man es hier mit Gußeisen zu tun hat, so benutzt man zum Abdichten derartiger vorher sauber bearbeiteter und metallisch blank gemachter Flächen einen Eisenkitt, dessen Aufgabe darin besteht, die Hohlräume zwischen den zusammenstoßenden Flächen derart auszufüllen, daß weder Luft noch Wasser hindurchdringen kann. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Ingredienzien des Eisenkittes ein allmähliches Zusammenrosten der beiden Flächen veranlassen; daher muß von den Flächen wie von dem Kitt alles ferngehalten werden, was das Zusammenrosten aufhält oder vereitelt, so hauptsächlich alles Fett. Auch Gußporen können, wenn sie nur metallisch rein gemacht sind, mit Kitt dauernd geschlossen werden.

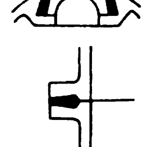


Fig. 219. Kittboden für Windkessel u. Verkittung von Flanschen, Deckeln etc.

Der Eisenkitt oder Rostkitt ist überall leicht anzufertigen und besteht seine Zusammen-

Bleibedarf bei Muffendichtungen.

Lichter Rohrdurchmesser in mm	Dichtungstiefe in mm	Bei Gußblei (Normaltabelle) Bleiringhöhe in mm	Bei Gußblei (Normaltabelle) Bleigewicht pro Muffe in kg	Bei Bühnes Bleiwolle Bleiringhöhe in mm	Bei Bühnes Bleiwolle Bleigewicht pro Muffe in kg
40	62	35	0,510	25	0,380
50	65	35	0,690	25	0,520
60	67	35	0,730	30	0.550
70	69	40	0,940	30	0,700
80	70	40	1,050	30	0,790
90	72	40	1.150	30	0,860
100	74	40	1,350	30	1,000
125	77	45	1,700	30	1,280
150	79	45	2,140	35	1,600
175	81	45	2,460	35	1,850
200	83	45	2,970	35	2,230
225	83	50	3,670	35	2,750
250	84	50	4,300	35	3,230
275	84	50	4,690	35	3,520
300	85	50	5,090	35	3,820
325	85	50	5,160	40	3,870
350	86	50	5,530	40	4,150
375	86	50	6,640	40	4,980
400	88	50	7,460	40	5,690
425	88	50	7,890	40	5,920
450	89	50	8,330	40	6,250
475	89	50	8,770	40	6,580
500	91	55	10,130	40	7,580
550	92	55	11,700	40	8,780
600	94	55	13,330	40	9,980
650	95	55	14,400	40	10,800
700	96	55	15,500	40	11,630
750	97	60	17,400	40	13,050
800	98	60	20,200	40	15,150
900	101	60	24,700	45	18,530
1000	104	65	29,200	45	21,900
1100	106	65	34,000	50	25,500
1200	108	65	39,000	50	29,250

setzung aus: 35 Teilen rostfreien Eisenfeilspänen oder fein zerstoßenen Dreh- oder Bohrspänen, 2 Teilen Salmiak und 1 Teil Schwefel, welche zusammen gemischt, mit Wasser zu einem steifen Brei angemacht und mit dem Meißel oder Stemmer durch Hammerschläge in die Fugen getrieben werden. Zu dem Wasser kann auch ein wenig Essig gemengt werden; dies befördert das Rosten. Es ist selbstverständlich, daß die zusammengekitteten Körper in Ruhe bleiben müssen, bis man sich überzeugt hat, ob das Durchrosten der ganzen Masse vollendet ist, was man mit einigen leichten Meißelhieben auf die Kittfuge erkennt. In der Regel ist nach 3 Tagen dieser Prozeß vollzogen.

Zur Verdichtung von Ventilsitzen aus Bronze in gußeisernen Ventilgehäusen bedient man sich im Gegensatze zu dem Rostkitt eines fetten Kittes, des sogenannten Mennigkittes. Derselbe wird hergestellt aus Mennig oder Bleiweiß, das mit dickem Leinölfirnis zu einem steifen Brei zusammengerieben wird. Der Brei wird entweder direkt oder unter Zuhilfenahme von einigen Hanffäden, wie beim Verdichten von schmiedeisernen Gewindemuffen, auf die zu dichtenden Teile gebracht. — Mennigkitt wird auch zum Verdichten von Flanschen genommen, indem ein Metalldrahtsieb von der Größe der Flanschenringe dick damit bestrichen und zwischen die Flanschen gebracht und zusammengezogen wird. Er ist besonders in höheren Temperaturen widerstandsfähig.

Der sogenannte schwarze oder englische Kitt dient dem gleichen Zweck und besteht aus Steinkohlenteer, der bis zum Sieden erhitzt wird und in den man 12 Prozent gepulverten Schwefel verrührt. Hierauf wird mit Wasser zu Pulver gelöschter Kalk in kleinen Mengen so lange unter beständigem Umrühren zugemischt, bis eine Probe, auf einen kalten Gegenstand gebracht, erstarrt. Dieser wasserdichte Kitt ist nicht direkt verwendbar, da er erhärtet; er muß erst vor der Verwendung durch Hammerschläge weich geklopft werden. Er wird meistens bei Eisen in Eisen zu kittenden Teilen angewendet, die wieder lösbar sein müssen.

Das Löten ist die dichte metallische Verbindung zweier gleichartiger oder ungleichartiger Metalle. Von der Höhe des Schmelzpunktes des weicheren Metalles hängt die Wahl des Lotes ab. Man unterscheidet deshalb Weichlot oder Hart(Schlag)lot. Ersteres wird bei niederen Temperaturen (mit dem Lötkolben), oft schon unter 100 Grad C., flüssig, je nach der Wismut-, Blei-, Zinnlegierung, letzteres schmilzt schwerer und nur im Feuer, gibt aber eine festere Verbindung als das Weichlot und wird daher vorzüglich zum Löten von Kupfer, Messing, Eisen (Guß- und Schmiedeeisen) benutzt. Das Hartlot besteht in der Regel aus einem sehr zinkhaltigen Messing (49 Teile Kupfer, 31 Teile Zink, schwerer schmelzbar; 45 Teile Kupfer, 55 Teile Zink, leichter schmelzbar). Nachstehend einige Schmelzgrade von Weichlotlegierungen („Hütte").

Nr.	Legierung aus Teilen			Schmelzgrad Celsius	Bemerkungen
	Wismut	Blei	Zinn		
1	8	5	3	100	Weichlot mit niederen Schmelzgraden: 3 Teile Kadmium, 15 T. Wismut, 8 T. Blei, 4 T. Zinn — 56 Grad C.
2	8	8	4	113,3	1 Teil „ 4 „ „ 2 „ „ 1 „ „ — 65,5
3	8	8	8	123,3	2 „ „ 1 „ „ 1 „ „ — 94
4	8	10	8	130	Reine Metallschmelzgrade sind:
5	8	12	8	132,4	Zinn . . . . . 230 Grad C.
6	8	16	14	142,3	Wismut . . . . . 260 „
7	8	16	12	145,4	Kadmium . . . . . 320 „
8	8	22	24	153,8	Blei . . . . . 330 „ / Zink . . . . . 430 „
9	8	32	36	160,2	Bronze (86 Teile Kupfer, 24 Teile Zinn) 900 „ / Kupfer . . . . . 1050 bis 1200 „
10	8	32	28	166,8	Gußeisen . . . . . weißes 1050 bis graues 1200 „
11	8	30	24	172	Stahl . . . . . 1300 „ 1400 „
12	—	1	5	194	Schmiedeeisen . . . . . 1500 „ 1600 „ / Platin . . . . . 2500 „
13	1	—	3	200	für Messing- und Kupferröhren (siehe auch Kupfer-, Messing- und Zinnröhren)
14	—	1	1	241	
15	—	3	1	289	

Beim Löten müssen die Oberflächen metallisch rein sein; durch Abbeizen mit Lötwasser (verdünnte Salz- und Salpetersäure) und Einhüllen in leichtflüssige Substanzen, wie Borax, Kolophonium, Glaspulver, oder dampfende Salze, wie Salmiak, Lötsalz (Chlorzinksalmiak), werden vor bezw. beim Löten die Flächen rein gemacht bezw. vor Oxydation geschützt, und zwar wird beim Weichlöten mit Lötkolben Kolophonium, Salmiak oder auch Öl angewendet, beim Hartlöten im Feuer dagegen Borax, Glaspulver u. s. w.

Literatur
über Löten u. dgl.

[394a] Löten von Gußeisen. Zeitschr. f. Elektrotechn. 1900, S. 443. — [394b] Menzel, Anleitung über das Härten, Schweißen und Löten von Stahl und Eisen, nebst vielen Rezepten zur Herstellung praktischer Hilfsmittel. Hannover 1900.

Schläuche und biegsame Metallröhren.

Für vorübergehende Zwecke bedient man sich zu Wasserzuführungen statt der Rohrleitungen, besonders wenn die Verlegung oberirdisch geschehen kann, mit Vorteil der Schläuche. Je nachdem es sich um größere oder kleinere Strecken, um niederen oder hohen Druck, um einmalige oder häufigere Verwendung handelt, ist die Wahl

des Materials, der Qualität, der Beschaffenheit und als Folge hiervon die des Preises von Fall zu Fall zu treffen. Im Handel sind nachstehende Sorten von Schläuchen üblich: 1. Hanfschläuche; 2. Gummischläuche; 3. Lederschläuche; 4. gepanzerte Schläuche; 5. Metallschläuche aus biegsamen Röhren.

1. **Die Hanfschläuche** sind die am meisten gebräuchlichen und billigsten; sie bestehen aus einfachem oder vielfachem Gewebe von Hanf oder verwandtem Stoffe: Nessel, Flachs, Baumwolle u. dgl. und kommen entweder roh oder mit verschiedenen Substanzen, wie Gummi, Gerbstoff, getränkt zur Anwendung.

2. **Gummischläuche** werden ihres hohen Preises wegen nur da beschafft, wo häufigere Verwendung in Aussicht genommen ist. Bei seltenem Gebrauch, also langem Liegen namentlich an hellen, luftigen Orten trocknen sie rasch aus und werden brüchig [398]. Man soll sie deshalb in dunklen, dumpfen Räumen, am besten in Kellern aufbewahren, während Hanfschläuche gerade das Gegenteil verlangen; werden Hanfschläuche nicht sofort nach Gebrauch zum Austrocknen womöglich in Sonne und Luft aufgehängt, so daß sie alle Feuchtigkeit verlieren, dann faulen sie, der Hanf wird brüchig, der Hanfschlauch binnen kurzem unbrauchbar. Die Preise der Gummischläuche sind außerordentlich verschieden, da der Marktpreis der vielerlei zur Verarbeitung kommenden Rohkautschuksorten etwa zwischen 6 und 12 Mark pro Kilogramm schwankt. Außerdem wird viel altes Material mitverarbeitet, so daß es sehr schwer ist, gute Gummiqualität zu erhalten, wenn man nicht einen hohen Preis anlegen will.

Das Kautschuk, auch Gummi elasticum, Federharz, Indian rubber genannt, ist der in den Handel kommende eingetrocknete Milchsaft der Siphonia elastica, ist im reinsten Zustande weiß, so wie es in den Handel kommt bräunlich (Paragummi). Sein spezifisches Gewicht ist = 0,925; es schwimmt also im Wasser, zeichnet sich durch seine außerordentliche Elastizität und Zähigkeit aus, wird jedoch in der Kälte hart, in der Wärme wieder weich; bei 40 bis 50 Grad C. etwas klebend, in höherer Temperatur sehr zäh und klebrig; bei 120 Grad schmilzt es zu einer schwarzen schmierigen Masse. Es quillt in Petroleum und Terpentinöl auf und hat die merkwürdige Eigenschaft, im aufgequollenen Zustande mit Schwefelblumen imprägniert und bei Luftabschluß auf ca. 150 Grad C. erhitzt sich mit dem Schwefel zu einer nicht klebrigen Substanz, dem sogenannten „vulkanisierten Kautschuk“ zu verbinden, welches noch weit elastischer ist als das reine Kautschuk. Das aus Brasilien und Peru stammende Kautschuk wird kurz „Paragummi“ genannt. Die Guttapercha ist der in den Handel kommende eingetrocknete Milchsaft der Isonandra gutta; sie wird, über 50 Grad C. erwärmt, weich und klebend, bei 100 Grad halbflüssig und knetbar, ihr spezifisches Gewicht ist = 0,966. Sie läßt sich in ähnlicher Weise vulkanisieren wie Kautschuk. Die Herstellung der Schläuche geschieht durch Pressen des weichen Teiges, d. i. des mit Farb- und anderen Stoffen, wie Kreide, Schwerspat, Mennig, Asphalt, vermischten Rohmaterials, ähnlich wie Drainröhren, über einen Dorn. Ob das Material mit fremden Beimischungen, die das Fabrikat nur beschweren, in unzulässiger Weise behaftet ist, erkennt man einfach daran, daß ein Stück, zwischen die Zähne genommen, wenn es gut ist, nicht sandig knirscht.

3. **Lederschläuche** werden meistens nur in kurzen Stücken und zum Schutze von anderen, leichter sich abnutzenden Schläuchen angewendet, z. B. bei den Straßenspreng-Hanfschläuchen da, wo sie den Boden berühren, in Krümmungen, auch zur Verbindung von Metallröhren für Straßengießzwecke. Die Lederschläuche sind für namhafte Drücke nicht sehr geeignet, weil sie in der Naht eine empfindliche Stelle besitzen.

4. **Gepanzerte Schläuche** sind solche, die aus Gummischläuchen hergestellt und je nach der Verwendung mit einem inneren oder äußeren Gewebe, Geflecht, oder mit einer Umwicklung versehen werden, um die Abnutzung oder Zerstörung des Gummis zu verhindern. Die Panzerung kann von feinem Metalldraht, Stahl oder Kupfer, die Umwicklung mit Drahtspiralen oder durch Kordelschnur ausgeführt werden, wie in den Figuren 231 bis 233 (S. 149, 150) versinnlicht ist.

5. Den Schläuchen verwandt, nur ungleich dauerhafter, daher auch teurer sind die **biegsamen Metallröhren** oder Metallschläuche. Ihre Herstellung beruht auf sehr sinnreichen, meistens patentierten Verfahren, deren einige mit den den Metallröhren eigentümlichen Verbindungen in den nachstehenden Beschreibungen des näheren ausgeführt sind. Die Wandungen der biegsamen Röhren können aus denjenigen Metallen gewählt werden, welche die betreffende Flüssigkeit am wenigsten angreift. Es gibt Metallschläuche aus verzinktem Stahl, vernickeltem Stahl, Bronze, Cuivre poli (Glanzkupfer) und Aluminium. Die Fabriken, welche sich mit Herstellung dieser Metallschläuche befassen, verlangen stets den Verwendungszweck zu kennen, um auf Grund ihrer Erfahrungen das geeignete Material zu wählen.

Biegsame Metallrohre ohne Naht (D. R.-P. 83341). Die „Deutsche Waffen- und Munitionsfabrik Karlsruhe“ fertigt biegsame Metallröhren an, von welchen Fig. 220 eines von 1,6 Meter Länge und 20 Millimeter lichtem Durchmesser zu einer doppelten Schleife zusammengebogen zeigt. Sie werden aus gezogenen, nahtlosen Rohren durch Einwalzen schraubenförmig gewundener Wulste

hergestellt und lassen sich nach Fig. 221 durch einfaches Einschrauben der einzelnen ca. 2,5 Meter langen Fabrikationsstücke in passende Überschieber zu langen Schläuchen zusammenfügen.

Fig. 222 zeigt die Verbindung biegsamer Metallrohre mit T-Stücken; das zylindrische Ende des Rohres wird in einen Nippel eingewalzt, umgebördelt und wie gewöhnliche Gasrohrverbindung

Fig. 220—224.
Biegsame Metallrohre ohne Naht von der Deutschen Waffen- und Munitionsfabrik Karlsruhe.



Fig. 220. Doppelschleife, 1,6 m lang. 20 mm lichter Durchmesser.

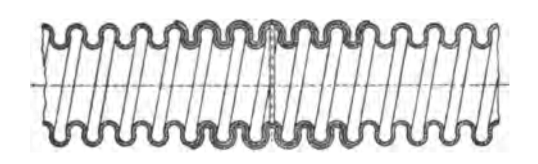


Fig. 221. Verbindung mit Überschieber.

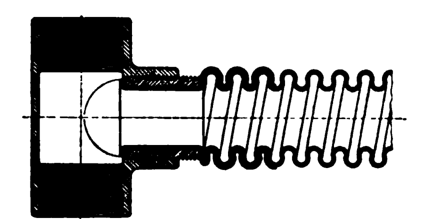


Fig. 222. Verbindung mit Bord und Verschraubung.

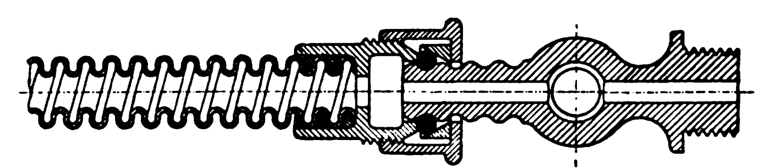


Fig. 223. Verbindung durch Einlöten in Hahnverschraubungen.

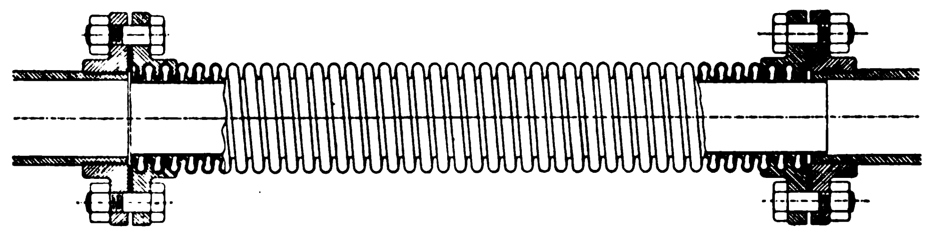


Fig. 224. Kompensationsrohr (äußeres Rohr gewellt, inneres Rohr links umgebördelt, rechts verschiebbar).

gedichtet. Fig. 223 zeigt die Verbindung eines biegsamen Metallrohres mit einem Hahn durch Einlöten in die Kapsel der Hahnverschraubung. Als Kompensationsrohr läßt sich das gewellte Metallrohr zwischen zwei Rohrstrecken nach Fig. 224 einschalten, wobei die einzelnen Wellen die Längenänderungen der Strecken in sich aufnehmen, indem sie um minimale Beträge

sich dehnen oder verkürzen lassen. Das Wasser wird hier nicht durch die gewellte Röhre geleitet, sondern diese dient nur als Hülle für das eigentliche Leitungsrohr, das in der linkseitigen Flanschenverbindung umgebördelt festgespannt wird und in der rechtseitigen anderen Flansche sich Inrschieben läßt. Das Wellrohr selbst ist beiderseits in die Flanschen eingelötet und bleibt von vekrustationen, die die Elastizität der Wellen aufheben würden, frei.

Maße, Gewichte und zulässiger Betriebsdruck für biegsame Metallröhren nach Fig. 22?

Lichte Weite	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	mm
Wandstärke	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	mm
Gewicht pro m	0,1	0,18	0,3	0,7	0,83	1,48	1,6	1,78	2,1	2,25	2,49	4,3	5,34	kg
Druck in Atm.	2	2	25	20	12	12	8	8	7	6	5	8	7	Atm.

Nach einem anderen Verfahren (D. R.-P. 139164) stellt die Metallschlauchfabrik Pforzheim dichte Metallschläuche her, die, wie Fig. 225 (S. 148) zeigt, durch Aufrollen eines profilierten Metallbandes entstehen, so daß die Ränder schraubenförmig übereinandergreifen und die gebildeten Rinnen mit einem Dichtungsfaden (Gummi oder dgl.) ausgefüllt werden. Der Schlauch wird dabei dicht und doch beweglich. Für 5 Atmosphären Betriebsdruck genügt eine Dichtungsschnur, für größere Drücke bis zu 200 Atmosphären werden zwei Schläuche übereinander gewunden, wie Nr. 4 der Fig. 226 zeigt. Die Schläuche werden in Größen von 5 bis 250 Millimeter Lichtweite angefertigt, die Längen in beliebiger Ausdehnung. Je nach der Beschaffenheit der Flüssigkeit und dem Betriebsdruck kommen die mit Nr. 1, 2, 3, 4 bezeichneten Methoden zur Anwendung; hierbei bietet Nr. 4 großen Widerstand sowohl gegen inneren Druck als auch gegen rauhere Behandlung der Außenseite. Fig. 227 zeigt den Metallschlauch als Innenschlauch mit einer äußeren Umhüllung von Hanf, Gummi etc., auch als Saugschlauch und für Flüssigkeiten zu verwenden, welche die äußere Umhüllung angreifen würden. Zu Kompensationszwecken werden diese Metallschläuche unter Anwendung von Stopfbüchsen und Gelenken hergestellt.

Neben den Metallschläuchen, welche absolut dicht sein müssen, werden von derselben Fabrik nach der Methode Fig. 228 Schutzschläuche angefertigt, die nicht dicht sind und nur zur schützenden Ummantlung hindurchgeführter Leitungen oder weicher Schläuche benutzt werden; sie bestehen aus einem schraubenförmig aufgerollten Metallband wie die oben beschriebenen Metallschläuche, jedoch ohne Dichtungsschnur.

Die Verbindung der Gummi- oder Metallschläuche miteinander [347], [363], [364], [388] erfolgt entweder mittels aufgelöteter Flanschen, wie Fig. 229 für dauernden Verband eines Schutzschlauches zeigt, oder für vorübergehende Zwecke mittels Schlauchkupplungen, deren es vielerle Systeme gibt. Eines der einfachsten ist das in Fig. 230 abgebildete, welches von Grether & Cie. in Freiburg i. B. stammt und aus zwei ganz gleichartigen Hälften besteht [363], die durch Zusammenstoßen und Drehung um etwa die Hälfte des Kreises mittels Hakeneingriffes und Schraubenringwirkung je eine eingelegte Gummidichtung zusammenpressen. Eine der letztgenannten Schlauchkupplung ähnliche, mit Klauenverschluß und Gummidichtung versehene, durch ihre vielfache Verwendung bei den Spiralschläuchen für Eisenbahnzwecke bekannt gewordene Kupplung ist die von Aug. König in Köln a. Rh. (D. R.-P. 173451), dessen Prospekte mehrere Arten angeben.

In Fig. 231 sind einige Ausführungsarten der Panzerschläuche für verschiedene Verwendungszwecke gezeigt, wie sie von Chr. Berghöffer & Cie. in Kassel angefertigt werden. Nr. 1 ist ein Gummischlauch mit Hanfeinlage, Drahtpanzergeflecht und darüber gewickelter Drahtspirale, welche den Panzerschlauch vor äußeren Verletzungen schützt; Nr. 2 derselbe Schlauch mit innerer Drahtspirale für Saugschläuche; Nr. 3 ist ein Panzerschlauch mit Kordelumwicklung und äußerer Drahtspirale gegen Kälte und äußere Verletzung geschützt; Nr. 4 ist ein Panzerschlauch mit innerer Kupferspirale; Nr. 5 ein solcher mit galvanisiertem Eisendraht außen und feiner Kupferdrahtpanzerung innen. Die innere dichte Kupferpanzerung isoliert den Gummi, eignet sich demnach für Durchleitung von heißem Thermalwasser oder überhaupt von Wässern, welchen weder Gummi noch Eisen auf die Dauer widerstehen würde.

Dieselbe Firma empfiehlt zur Verbindung ihrer Panzerschläuche folgende in Fig. 232 dargestellte Konstruktionen. Endverbindung *A* mit Muffe (Gasgewinde), Endverbindung *B* mit Überwurfmutter und Einschraubteil mit Innengasgewinde, Endverbindung *C* mit Überwurfmutter (gewöhnliche Schlauchkupplung), desgleichen *D* mit Einschraubteil, desgleichen *D B F* mit drehbarem Flansch, desgleichen *F F* mit festem Flansch und endlich *K D* mit konischem Druckflansch (links im Durchschnitt, rechts in der Ansicht gezeichnet). Die Panzerschläuche werden in Lichtweiten von 9 Millimeter an für 100 bis 150 bis 200 Atmosphären Betriebsdruck bei 1- bis 2- bis 3facher Panzerung, bis zu 75 Millimeter Lichtweite entsprechend 22 bis 35 bis 45 Atmosphären bei derselben Panzerung ausgeführt. Bei geringeren Drücken vergrößern sich die Lichtweiten bis zu 102 Millimeter. Die Längen können beliebig hergestellt, der Verwendungszweck muß der Firma mitgeteilt werden.

In Fig. 233, S. 150 bringen wir noch einige bemerkenswerte Schlauchverbindungen, wie sie ebenfalls von Chr. Berghöfer in Kassel für die verschiedenartigsten Verwendungszwecke, z. B. für Verbindung der Probierschläuche an Rohrprobierpumpen u. dgl. ausgeführt werden. Die Details der Verbindungsstücke sind aus den Figuren ohne weiteres verständlich: Nr. 1 bis 12

Fig. 225—229.

Metallschläuche von H. Witzenmann in Pforzheim.

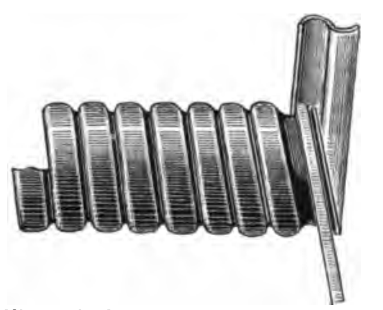


Fig. 225. Aufrollen des profilierten Metallbandes mit Dichtungsschnur (Methode 1).

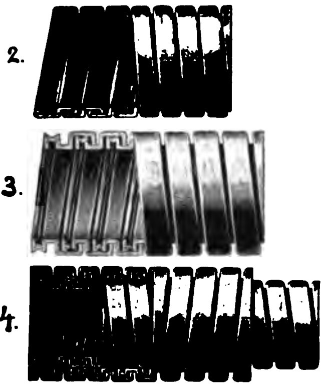


Fig. 226. 2 bis 4. Verschiedene Methoden der Fabrikation.



Fig. 227. Metallschlauch mit äußerer Umhüllung von Hanf, Gummi etc.



Fig. 228. Schutzschlauch für Hanfschläuche.



Fig. 229. Verbindung eines Metallschlauches mit aufgelötetem Flansch.



Fig. 230. Schlauchkupplung Grether.

werden für niederen Druck, Nr. 13 bis 21 (mit eingedrehten Nuten) für hohen Druck bis 400 Atmosphären verwendet, Nr. 5 zeigt den Schnitt durch einen Bügelverschluß, Nr. 10 und 11 sind die zu einem Schlauch zusammengehörigen Kupplungsflanschen, Nr. 20 zeigt eine praktische Anordnung von Rohrtüllen zur Verhütung des Abknickens der Schläuche.

Fig. 231—233. Panzerschläuche und Verbindungsteile von Chr. Berghöffer & Cie. in Kassel.

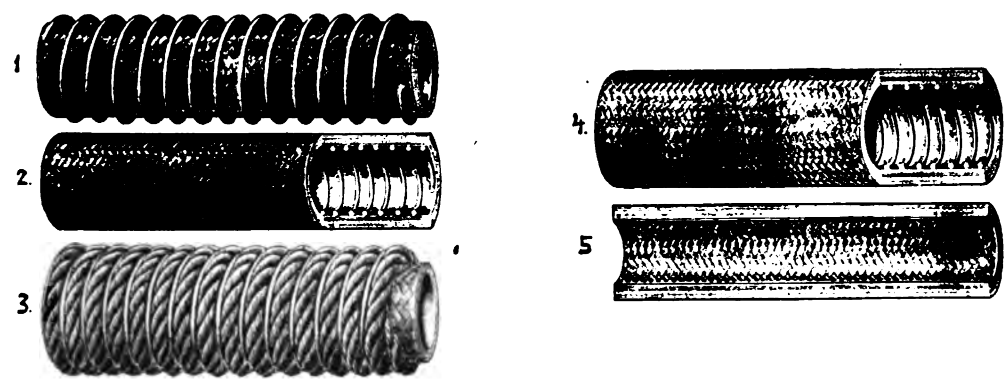


Fig. 231. Panzerschläuche in diversen Ausführungen.

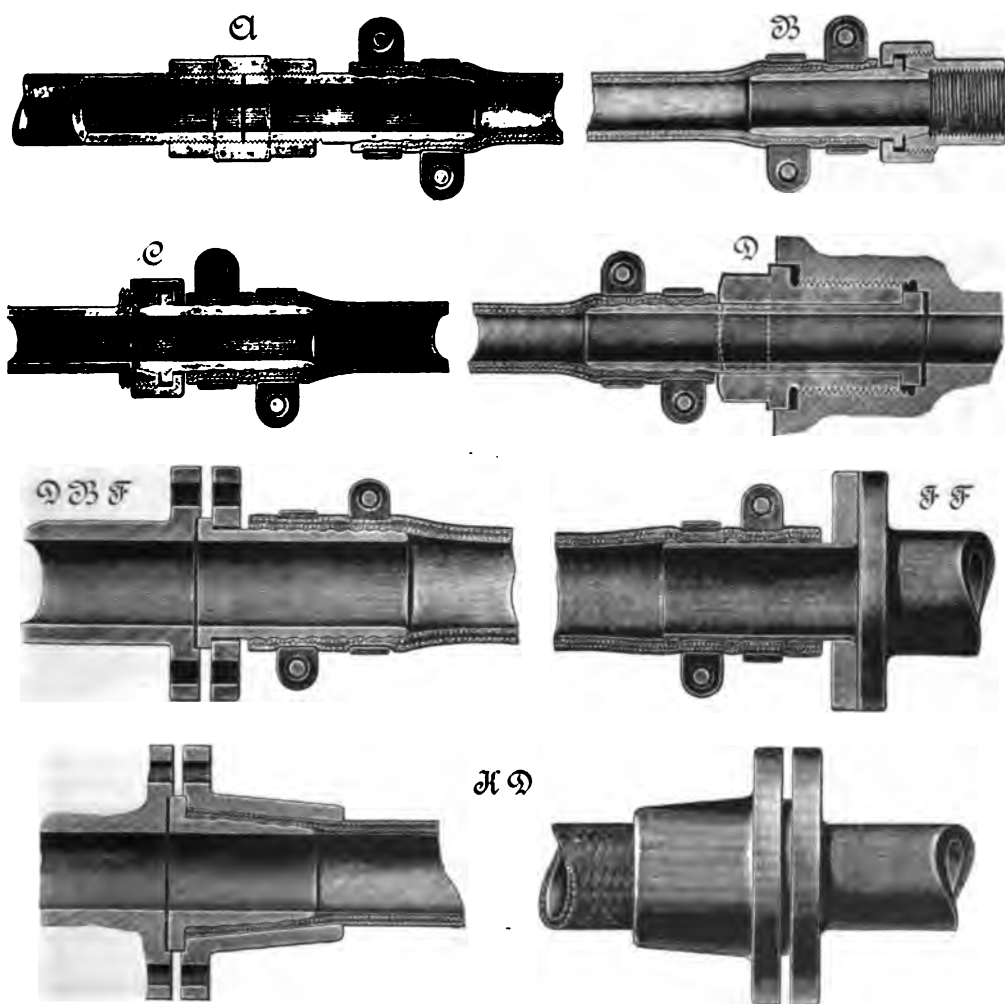


Fig. 232. Verbindungen von Panzerschläuchen.

verdrehen, daß mit den Kupplungshälften leicht auseinander- und wieder zusammengefahren werden kann; beim Verdichten der Leitung werden dann, nachdem die Schere gegen die Pfeilrichtung bis an die Schrauben gedreht wurde, einfach die Schraubenmuttern fest angezogen. Soll die Kupplung wieder gelöst werden, so genügen einige Umdrehungen mit den Muttern, um die Schere in der Pfeilrichtung herauszudrehen, womit beide Kupplungshälften freigegeben sind. Auf den Kupplungsrohrstutzen können Schläuche festgebunden oder Blechrohre (Kupfer-, Zink-, Eisen-) eingelötet werden; diese Teile selbst sind von Bronze oder schmiedbarem Eisenguß (Temperguß), der drehbare Scherenring aber, wie bemerkt, von Schmiedeisen herzustellen, da er durch die Schrauben stark beansprucht werden kann. Bei größeren Lichtweiten über 100 Millimeter empfiehlt es sich wegen besserer Abdichtung, statt zwei einander gegenüberliegender Schrauben drei oder mehrere gleichmäßig verteilt anzuordnen, dementsprechend dann auch die Schere drei oder mehrere Ausschnitte enthält. Da die Schrauben stets nur an einer Stelle benutzt werden, außerdem durch Sand u. dgl. Verschleiß zu gewärtigen ist, macht man die Muttern 1,5 bis 2mal höher als der Schraubendurchmesser, wodurch sich die Gewinde in größerer Anzahl an der Reibung beteiligen; normale Muttern sind nur so hoch wie der Schraubendurchmesser.

Unter den Patenten für Rohrverbindungen (S. 127—129) beziehen sich die nachstehend genannten auf Schlauchkupplungen (Schlauchverbindungen): Nr. 8436, 10 136, 17 637, 21 657, 22 759, 25 405, 29 375, 40 516, 44 341, 50 973, 54 641, 60 124, 60 626, 61 249, 61 284, 61 608, 61 791, 67 425, 71 791, 73 471, 75 942, 77 032, 77 967, 79 353, 83 618, 97 626, 103 608, 113 042, 118 156, 119 956, 124 503, 137 476, 141 150, 141 440, 142 297, 149 397, 150 562, 150 811, 151 558, 153 533, 157 112, 166 758, 173 451.

Um einen Anhaltspunkt über die Preise der Schläuche zu geben, sind hier einige derselben (Stand von 1907) zusammengestellt.

Art des Schlauchmaterials	Wandstärke in Millimeter	Betriebsdruck in Atmosphären	Preise pro laufenden Meter in Mark für lichte Weite			Bemerkungen
			25 mm	40 mm	50 mm	
1. Hanfschläuche:						
4. Qualität, roh . . .	—	—	0,40	0,50	0,60	No. 3 und 4 sind im Gewebe stärker
3. „ „ . . .	—	—	0,45	0,55	0,65	und dichter als
2. „ „ . . .	—	—	—	0,60	0,70	No. 1 und 2
1. „ „ . . .	—	—	—	0,70	0,78	
gummiert	—	12	1,45	2,25	2,70	rot oder dunkel
2. Gummischläuche:						
bei Lichtweite	25 40 50 mm					
mit geklöppelter Einlage	4 5 6 „	12	2,10	4,20	6,15	hellgrau
do. 2. Qualität . . .	4 5 6 „	12	2,50	4,75	—	rot oder dunkel
do. 1. „ . . .	4 5 6 „	12	2,60	5,15	—	außen rot, inn. dunkel
do. „Paragummi" . .	—	12	3,00	5,55	9,60	—
Calmons roter Universalschlauch, Hamburg	sehr dünn	—	2,65	4,30	4,90	zerplatzt bei 25 Atm.
3. Lederschläuche . . .	—	nur für geringen Druck	—	—	7,40	werden in lichten Weiten von 50 bis 102 mm angefertigt
	—	6	—	—	8,60	
	—	8	—	—	9,90	
4. Panzerschläuche . . .	4 bis 10 b. Lichtweite	bis 90 25 40 50 mm	6,10 bis 18,50	9,30 bis 24,40	11,40 bis 31,60	mit galv. Eisendraht-Außenpanzer
mit einfacher Panzerung	—	56 40 31 Atm	5,80	9,50	15,00	—
„ zweifacher „	—	86 60 50 „	8,20	13,50	21,00	—
„ dreifacher „	—	112 79 62 „	10,00	15,50	23,00	—
5. Metallschläuche, nicht dicht:						
aus verzinktem Stahl .	—	—	1,60	2,80	3,60	nur zum Schutze anderer Leitungen zu verwenden
„ Bronze od. Cuivre poli	—	—	3,85	6,50	8,50	
„ vernickeltem Stahl	—	—	3,60	—	—	
„ Aluminium	—	—	3,85	—	—	sog. Schutzschläuche

Metallschläuche aus biegsamen Röhren für inneren Druck variieren im Preis, daher spezielle Anfrage nötig.

Literatur

über Schläuche und biegsame Metallröhren.

[395] Essai des tubes en caoutchouc. Monit. industr. Belge. 1877, S. 306. — [396] Lufbéry, Machine à faire des tuyaux de caoutchouc. Armengaud. publ. industr. Bd. 29 (1884), S. 347. — [397] Magirus, Biegsames Schlauchrohr. Dingl. polyt. Journ. Bd. 249 (1884), S. 141. — [398] Veränderungen von Kautschukröhren beim Liegen an der Luft. Metallarbeiter. Bd. 14 (1888), S. 52. — [399] Biegsame Metallröhren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1889, S. 925. — [400] Die Herstellung von Gummiröhren ohne Maschinenbetrieb. Eisenztg. Bd. 11 (1890), S. 927. — [401] Jackson, W., Bewegung von Wasser in Schläuchen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 170. — [402] Biegsame Metallröhren. Iron Age. Juni 1900, S. 12. — [403] Pahl, Gummischläuche, Vorkommen, Gewinnung, Verarbeitung und Anwendung des Kautschuks. Zeitschr. f. angew. Chemie 1900, S. 625. — [404] Biegsame Metallröhren ohne Naht. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 194. — [405] Vulkanisierung von Kautschuk. Chem. Ztg. 1907, S. 638. — [406] Schläuche und Verbindungsstücke. Dingl. polyt. Journ. 1907, S. 474.

Deutsche Reichspatente

für biegsame Metallröhren.

Nr. 76 745. Metalldoppelschlauch. Witzenmann. — Nr. 83 341. Biegsames Metallrohr. Frank. — Nr. 85 946. Biegsame Rohrleitung. Vogt & Co. — Nr. 88 153. Zusatz zu 85 946. Biegsame Rohrleitung. Husham. — Nr. 104 389. Biegsames Metallrohr. Frank. — Nr. 125 785. Biegsames Metallrohr. Witzenmann.

§ 54. Absperr- und Regulierungsvorrichtungen, insbesondere Schleusen, Schieber, Ventile, Hähne, Klappen etc.

Um den Zufluß zu einem Behälter, zu einer Rohrleitung, zu einer Abzweigung von letzterer oder Abflüsse irgendwelcher Art ganz oder in beliebigem Maße abzusperren, bedient man sich besonderer Vorrichtungen, welche je nach dem ihnen zugedachten Zweck gebaut und benannt sind, auf die wir im folgenden eingehen werden. Dabei soll nicht bloß eine Auswahl neuerer Konstruktionen vorgeführt, sondern auch deren Prinzip besprochen und die allmähliche Entwicklung derselben verfolgt werden. Die Besprechung älterer Einrichtungen können wir nicht umgehen; es scheint uns dies nicht nur gerecht gegen diejenigen, welche die Idee zu den betreffenden Konstruktionen gegeben haben, bezw. geboten, um zu zeigen, wie viel von der Aufgabe schon früher gelöst wurde, sondern auch deswegen zweckmäßig, weil sich heutzutage noch manche ältere Einrichtungen im Betriebe befinden. Durch die von uns getroffene Auswahl von Darstellungen aus den Katalogen der Armaturfabriken will natürlich nicht gesagt werden, daß die betreffenden Einrichtungen nicht ebensogut von anderen Geschäften erhalten werden können; wir raten im Gegenteil jedem unserer Leser, im Bedarfsfalle stets die Kataloge von Armaturenfabriken in ausgedehnter Weise zu Rat zu ziehen, schon um die ununterbrochen sich folgenden Neuerungen auf diesem Gebiete kennen zu lernen.

a) **Schleusen** (einfach schließende Schieber, Schützen).

Für die Absperrung eines stets nur von einer Seite fließenden Zulaufes genügen in den meisten Fällen die Schleusen. Dies sind am Anfang oder am Ende einer Leitung angeordnete bewegliche Tafeln oder Deckel, in der Form von der Mündung der Leitung abhängig und deshalb in der Regel viereckigen, ovalen oder kreisrunden Profilen angehörend. Je nach dem Druck der auf ihnen einseitig lastenden Flüssig-

keitssäule und den zur Verfügung stehenden Mitteln bezw. besonderen Rücksichten anderer Art sind sie aus Holz, Schmiedeisen, Gußeisen oder aus Rotgußmetall hergestellt. Kennzeichnend für die Benennung Schleuse ist allein, daß die Tafel, welche den Abschluß bewirken soll, zwischen seitlichen Führungen derart und meist vertikal oder wenig geneigt beweglich ist, daß sie sich im geschlossenen Zustande fest an besondere keilförmige Vorsprünge der Führungen stemmen kann, an denen sie mittels Schrauben- oder Räder- oder Zahnstangengetriebe abwärts bewegt werden, bis ein genügend dichter Abschluß erfolgt ist. Maßgebend für den Grad der zu erreichenden Dichtheit ist nebst der Pressung, mit welcher dieses Andrücken an die Führungskeile erstrebt wird, der ebene, glatte Zustand derjenigen Randflächen (Dichtungsfläche) an der Schleusentafel und an den Behälter- oder Gehäusewänden, welche sich rings am Umfange der Tafel unmittelbar um das lichte Durchflußprofil herum um je ein gewisses Maß überdecken. Bei riefigen Dichtungsflächen z. B. ist auch bei größter Anpressung eine Schleuse undicht. Da Schleusen in der Regel unter Wasser sich befinden und dort unzugänglich sind oder nur beschwerlich (durch Betriebsunterbrechungen, Abteufungen u. dgl.) zugänglich gemacht werden können, so ist bei Herstellung derselben darauf zu achten, daß die unter Wasser befindlichen Teile besonders dauerhaft gebaut werden. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß die Dichtheit oft durch übermäßiges Zudrehen der Bewegungseinrichtungen erreicht werden will. Befände sich nun ein schwacher, vielleicht der schwächste Teil unter Wasser, so wird dieser Teil hierbei brechen, und es ist dann die Schleuse unbrauchbar. Daher empfiehlt es sich, in die zu Tage liegenden, leichter zugänglichen Betriebsteile ein absichtlich schwaches Glied, welches leicht zu ersetzen ist, einzuschalten, z. B. die Kurbel oder das Handrad, oder eines der Zahnräder auf der zugehörigen runden Welle nur mittels eines angemessen starken Stahlstiftes zu befestigen, statt mittels Keiles oder Vierkantes. Wird dann bei eintretender Überanstrengung des Triebwerkes dieser Stahlstift abgeschert, so ist zunächst die Schleuse allerdings auch nicht zu benutzen; der abgebrochene Stift macht aber das Personal aufmerksam, daß ein ungeahntes Hindernis die Schleuse versperrt, und es ist die Mahnung gegeben, das Hindernis erst zu beseitigen. Während dies geschieht, kann ein neuer Stift beschafft werden; die geringen Auslagen hierfür kommen nicht in Betracht gegen den Aufwand des Ersatzes irgend eines anderen etwa gebrochenen Triebwerkteils. Es mag für diese und ähnliche Fälle die Bemerkung dienen, daß ein Stahlstift mit $^1/_3$ Stärke des betreffenden Wellendurchmessers die Funktion eines „Sicherheitsventils" in obengedachtem Sinne gut erfüllt. Der Stift wird durch die Nabe und Welle hindurch am besten etwas konisch eingepaßt, um die Entfernung der Bruchstücke zu erleichtern. Von den ebengedachten Schleusen etwas verschieden sind die ihnen verwandten Fallen (Einlaßfallen bei Wasserrädern, Wehren); diese werden nur durch den Druck des einseitig belastenden Wassers an die Führungsschienen angepreßt und dichten nur auf dem Grunde und den beiden Seiten; über dem Wasser sind sie frei.

Fig. 236 zeigt eine Schleuse mit nahezu quadratischem Durchflußquerschnitt. Die dichtenden Flächen bestehen aus Bronzestäben, welche rahmenartig auf die Gußteile mittels versenkter Messingschrauben befestigt werden. Am unteren und oberen Gestellende sind zu beiden Seiten Führungsklauen aufgeschraubt, welche den abwärts gleitenden Schleusendeckel an den seitlichen nach unten schräg zulaufenden Rippen keilartig auf den Sitz pressen. Die Befestigung des Gestellrahmens mittels Steindollen oder Steinschrauben muß derart sein, daß sie dem auftretenden Wasserdruck hinter der Schleuse Widerstand zu leisten vermag. Von Vorteil erweist sich hierbei das Einlassen des untersten Steges ins Grundmauerwerk. Der Betrieb dieser Schleuse erfolgt von oben mittels Handrades, in welchem eine Bronzemutter mit seitlichen Sicherheitsverstiftungen nach der eingangs angegebenen Weise befestigt ist und die beim Drehen des Handrades die bronzene Schraubenspindel in ihre Gewindegänge heraufzieht, wenn die Schleuse geöffnet werden soll. An der Schraubenspindel hängt mittels aufgeschraubter Kuppelmuffe verstiftet die eigentliche Zugstange der Schleuse. — Die Ausführung der Schraubenspindel in Eisen oder Stahl ist nur da zu empfehlen, wo Bedienung für Schmieren etc. zu erwarten ist. Anderenfalls sind die Gewinde-

gänge dem Rost und bald der Zerstörung anheimgegeben. Bei normalen Ausführungen ist das Gewinde an der Schraubenspindel „rechtsgängig“: es wird dann beim Öffnen der Schleuse das Handrad, von oben betrachtet, im Sinne des Uhrzeigers gedreht. Empfehlenswert ist immer, die Drehrichtung „Auf“ durch einen deutlich sichtbaren, womöglich aufgegossenen Pfeil am Handrad kenntlich zu machen.

Fig. 237 stellt die Schleuse für einen Grundablaß dar. Sie hat hohen rechteckigen Querschnitt des Durchflußprofils und ist im übrigen nach den gleichen Regeln gebaut wie die vorangehende. Wo es sich um bedeutende Tiefen handelt, wie z. B. bei Stauweihern, kann das Gestänge dieser den Grundablaß bildenden Schleusen aus massiven Eisenstangen zusammengestellt werden, welche mit Gestängeschlössern gekuppelt sind und in Abständen von 2 bis 3 Meter in Führungen laufen. Eine einfache Kupplung bieten starke gußeiserne Gasmuffen, welche auf die einzelnen Stangen wie bei Gasleitungen fest aufgeschraubt werden, aber auf jedem Stangenende gut verstiftet sein müssen, um bei Erzitterungen des Gestänges nicht locker zu werden. Wie in Abt. I, S. 341 angegeben, werden die Stangen mit Gasröhren umgeben, die beim Abwärtsbewegen der Schleuse das Gestänge vor Ausbiegung schützen. Wenn immer angängig, sollen die gleitenden Teile der Schleuse mit Bronze garniert sein oder ganz aus Bronze bestehen, um Zusammenrostungen zu verhindern.

Fig. 236—237.
Einseitig schließende Schieber (Schleusen) mit rechteckigem Durchflußquerschnitt.

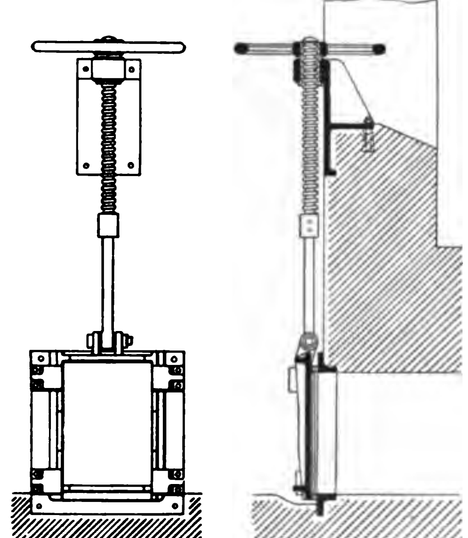



Fig. 236. Quadratische Schleuse (Lahr).

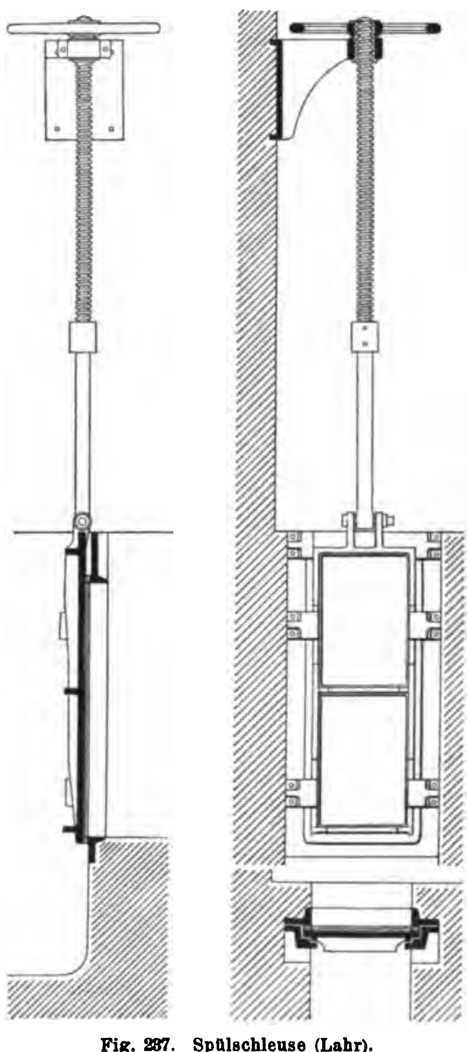
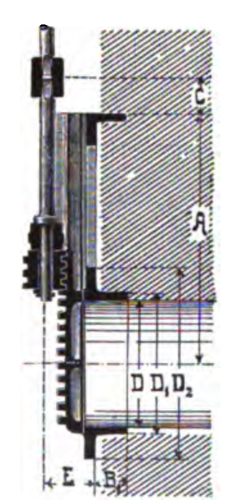


Fig. 237. Spülschleuse (Lahr).

Fig. 238 zeigt die Anordnung für kreisrunden Querschnitt. Die Bewegung des Schleusendeckels erfolgt hier mittels endloser Schraube, welche in eine auf dem Rücken des Deckels aufgegossene Zahnstange eingreift. Der Betrieb des Gestänges, an dem die Schraube sitzt, kann mit Handrad oder zweiarmigem Hebel geschehen. Zu empfehlen ist, das Unterteil zugängig zu machen, um jederzeit nach den Schraubengewinden sehen und sie nötigenfalls vor Ingangsetzung schmieren zu können. Beim Vergleich der Fig. 237 mit Fig. 238 wird ein wesentlicher Unterschied darin gefunden werden, daß bei ersterer das Gewinde der Schraubenmutter im oberen Handrad sitzt und das Gestänge nur axial auf Zug oder Druck beansprucht wird, während bei letzterer das Muttergewinde durch die untere Zahnstange gebildet ist und die darin eingreifende Schraube nur ver-

mittels Drehung des Gestänges bewegt werden kann. Das Gestänge ist daher hier auf Torsion beansprucht, und da hierbei eine Verdrehung (Verwindung) der Stange umso leichter eintritt, je länger sie ist, so sind diese Schleusen nur für geringere Tiefen zu empfehlen. Es bedingt zwar die Verwindung des Gestänges noch nicht einen Bruch desselben, allein bei einigermaßen schwerem Gang der Schleuse kann die durch das Verwinden hervorgerufene Federung des Gestänges zu unsicherer Handhabung Veranlassung geben, indem das obere Ende des Gestänges sich bereits um mehrere Grade verdreht, bevor das untere Ende die nutzbringende Drehbewegung beginnt. Praktische Regeln zur Berechnung des Gestängedurchmessers finden sich im „Handbuch des Maschinentechnikers von H. Berg (Bernoullis Vademecum, 23. Aufl.) 1904, S. 174“, wobei zu beachten ist, daß für das Abrosten von im Wasser stehendem Gestänge noch 3 bis 5 Millimeter zu den berechneten Stärken zuzugeben sind. Unter 30 Millimeter Dicke sollte ein schmiedeisernes Gestänge, das direkt von Hand mittels Handrad oder Hebel bewegt wird, also ohne Räderübersetzung u. dgl. nicht ausgeführt werden. — Ein weiterer beachtenswerter Unterschied zwischen den beiden letzten Schleusen besteht noch darin, daß bei Fig. 237 ein Emporsteigen der Spindel zugleich das Öffnen der Schleuse anzeigt, während bei der Fig. 238 dies nicht der Fall ist.

Fig. 238 und 239.
Einseitig schließende Schieber (Schleusen) mit kreisrundem Durchflußquerschnitt.



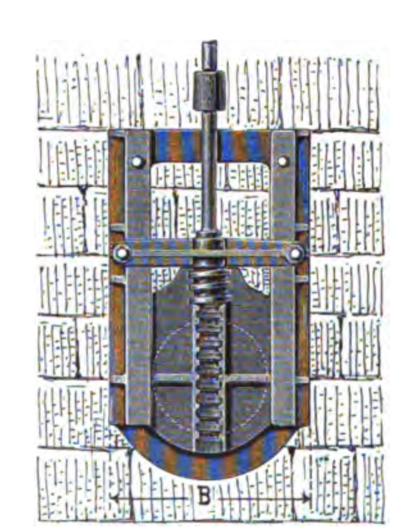


Fig. 238. Runde Schleuse von Reuther.



Fig. 239. Schleuse 1000 mm l. W.

Maße und Preise der Schleusen nach Fig. 238.

Lichte Durchgangsweite D		100	200	300	400	500	600	700	800
Abmessungen in Millimeter	D_1	115	220	328	426	530	632	732	832
	D_2	176	330	478	582	685	810	910	1010
	A	250	420	610	732	860	1025	1150	1325
	C	60	50	110	116	100	135	116	74
	B	194	330	480	590	740	870	955	1015
	B_1	25	45	66	90	102	120	100	100
	E	58	82	118	120	142	158	165	165
Preise in Mark pro Stück		40	50	80	120	190	260	320	380

Diese Schleusenschieber werden von Bopp & Reuther in Mannheim bis 2000 Millimeter Durchmesser ausgeführt.

In Fig. 239 ist eine Schleuse mit 1000 Millimeter kreisrundem Durchgang gezeigt, bei welcher die vom Gestänge getriebene Schnecke in der gußeisernen Traverse verdeckt liegt. Dies hat bei Auslässen, die in unreines Wasser (Fluß-, Kanal- u. dgl.) ausmünden, den Vorzug, daß Schwimmstoffe nicht in das Getriebe zwischen Schnecke und Zahnstange gelangen können. In dem gezeichneten Zustande bewirken sowohl die beiden diametral gegenüberliegenden Angüsse als auch die unteren zwei Pratzen den dichten Abschluß der Schleuse, indem die unten kreisrunde Scheibe sich in die Vorsprünge einzwängt. Den bei der Schraubenbewegung entstehenden axialen Schub nimmt ein ebenfalls in der Traverse verdeckt liegender Gestängebund auf. Diese Bauart wird von der Armaturenfabrik vorm. J. A. Hilpert in Nürnberg und Wien ausgeführt.

b) **Schieber** (doppelt schließend).

Diese unterscheiden sich von den Schleusen dadurch, daß sie in der Regel mitten in die Leitungen eingebaut werden, also gegen beiderseitig wirkenden Druck abdichten müssen. Aus Zweckmäßigkeitsgründen setzt man sie ausnahmsweise auch an den Anfang oder an das Ende einer Leitung. Wegen der nach beiden Seiten nötigen Dichtungsflächen ist die Baulänge der Schieber, das äußerste Maß in der Rohrachse, erheblich größer als bei den Schleusen. Ursprünglich bestanden die Schieber aus einem viereckigen hohen Kasten aus Gußeisen mit einem innen in Führungen auf und ab beweglichen tellerförmigen Keil, der mittels Hebel an einer Spindel gezogen wurde. Bei den früher herrschenden niederen Pressungen genügte auch die manchmal mit Rippen verstärkte Kastenform. Später legte man in den Keil eine Mutter so ein, daß sie einer von oben durch den Deckel herabkommenden Schraubenspindel ermöglichte, die Mutter samt dem Keil auf und ab zu ziehen, wenn man von außen die Spindel drehte; die Mutter selbst war dabei an der Drehung verhindert und anderseits konnte die Spindel keine vertikalen Bewegungen ausführen, da sie mittels Bund oder Stellring nur drehbar in dem Gehäusedeckel hing.

Es dürfte wohl auf reinem Zufall beruhen, daß fast alle Schraubengänge von oben nach unten im Sinne des Uhrzeigers verlaufen. Hat nun die Schieberspindel ein dementsprechendes Gewinde (sogenanntes „rechtes Gewinde", weil der Uhrzeiger, oder in Nachahmung mit der Hand diese, in der Richtung nach rechts geht) so wird die Mutter und mit ihr der Keil sich heben, sobald an der Spindel im Sinne des Uhrzeigers gedreht wird. Verläuft das Gewinde aber nach der entgegengesetzten Seite, „links" herum, also entgegen dem Uhrzeiger, so wird bei derselbigen Drehung an der Spindel der Keil sinken. In einem Falle „Schluß" im anderen Falle „Öffnen" des Schiebers, beides bei der gleichen Handhabung der Spindel! Es gibt Städte, ja ganze Länder, in welchen die Schieber stets öffnen, wenn die Schieberspindel im Sinne des Uhrzeigers gedreht wird, also rechtsgängige Schraubengewinde besitzen, mit anderen Worten, wo die Schieber „rechtsum aufgehen". Man wird begreifen, welche Verwirrung entsteht, wenn eine Armaturfabrik in ein solches Gebiet einmal einen Schieber irrtümlicherweise liefert mit „links aufgehendem Keil". Von außen sieht ein Schieber wie der andere aus. Wird von dem Personal vor Einbau nicht jeder Schieber auf seine „landesübliche" Gangart untersucht, so sind Anstände unausbleiblich. Es haben sich bei den neueren Konstruktionen allerdings einfache Anordnungen ergeben, so daß in einem solchen Falle die Auswechslung der Schraubenspindel mit der Mutter genügt. Dies ist in einem Schieberschacht mit leichter Mühe zu bewirken; schlimmer gestaltet sich die Sache, wenn ein „falscher" Schieber mit seiner ganzen Einrichtung im Boden eingegraben ist. Am einfachsten geht es noch ab, wenn die Falschgängigkeit der Schraube als solche z. B. durch vermehrten oder verminderten Ausfluß von Wasser wirklich erkannt wird. In der Regel wird aber so lange falsch manöveriert, bis die Spindel abbricht und der Keil dann oben oder unten festsitzt.

In den neueren Katalogen findet sich denn auch von jeder Armaturfabrik der Hinweis auf die Handhabung ihrer Schieber, und man hat sich geeinigt, weil manchmal auch Ventile mit Schiebern zusammen in einem Lokale (Pumpstationen) untergebracht sind, die im Sinne des Uhrzeigers bewegten, mit linkem Gewinde versehenen Spindeln den Schieber schließen zu lassen. Gegenüber den vorher behandelten Schleusen findet sich hier demnach bereits ein mißlicher Gegensatz. Es müssen nun alle Wasserwerke, welche aus althergebrachter Sitte ihren Schieberpark stets nach den ursprünglichen Modellen ergänzten, bei jeder neuen Bestellung auf der abweichenden Gangart beharren; dann muß von der Armaturfabrik zu diesen Schiebern selbstverständlich je die Spindel und Mutter mit „rechtem" Gewinde ver-

sehen werden und zum Kennzeichen dieser Abweichung trägt die sichtbare Stirn der Spindel ein eingeschlagenes „R" aus der Fabrik. Die normalen Schieber mit „l i n k e m" Gewinde erhalten ein „L". Städte, welche sich entschlossen haben, mit dem alten System zu brechen, wie unter anderem Heidelberg, mußten bezirksweise vorgehen; so hat Heidelberg nach mehreren Jahren es 1904 dahin gebracht, daß die rechtsuferige Stadt „Rechtsschluß" an Schiebern und Hydranten hat mit s c h w a r z e r Schildbezeichnung, die linksuferige Stadt dagegen noch vorwiegend den alten „Linksschluß" mit r o t e r Schildbezeichnung.

Fig. 240—242.

Absperrschieber mit Flügelschlußflächen.

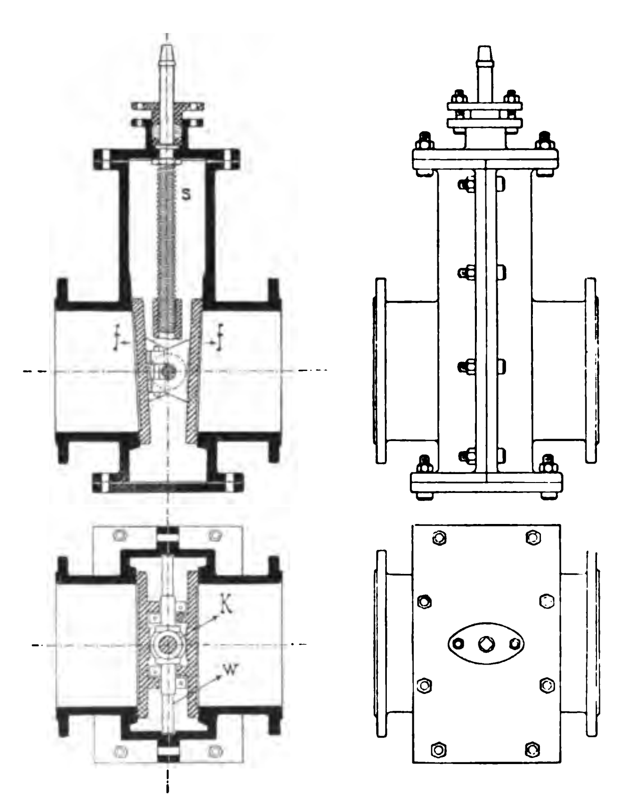


Fig. 240. Schieber (Hofwasserwerk Karlsruhe).

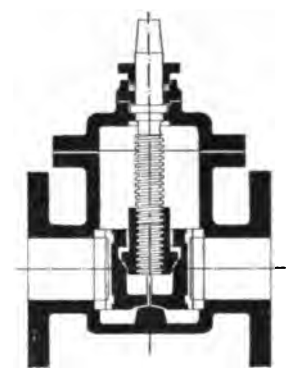


Fig. 241. Schieber amerikanischer Bauart.

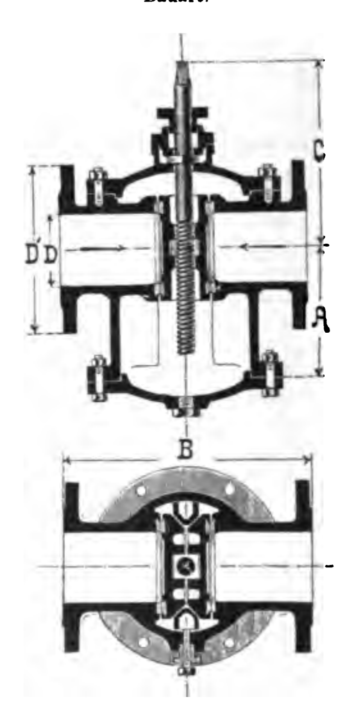


Fig. 242. Schieber von Reuther.

Der korrekte Schluß eines Schiebers erfordert, daß die ringförmigen ebenen Schlußflächen des niedergedrehten Schieberkeiles genau auf die am Gehäuse befestigten ringförmigen ebenen Sitzflächen passen. Können die ebenen Schlußflächen beim Herablassen des Keiles beliebige Lage annehmen (was z. B. dann stattfindet, wenn zwei die Schlußflächen tragende Flügel den Schieberkeil bilden und diese Flügel von je einem Punkte der Schieberspindel aus gegen die Sitzflächen angedrückt werden, vgl. Fig. 240), so ist das Abschließen gewährleistet. Man hat früher auch die Bronzeringe der Schlußflächen fest in den Schieberkeil eingelassen, dagegen jene der Sitzflächen auf zwei Ringe

von Gußeisen montiert, die mit Bleiverguß in das Schiebergehäuse eingelassen und dann durch Verstemmen gegen die Schlußflächen angetrieben wurden, bis ein sicheres Abschließen erreicht war. Diese Anordnung (vgl. Fig. 244, S. 160) kommt aber mehr und mehr in Abgang. Seitdem die Fabrikation so weit vorgeschritten ist, um die keilförmig konvergierenden Sitzflächen in dem Schiebergehäuse selbst zu bearbeiten, werden die Metallsitzringe in vorher ausgedrehte Ringnuten des Schiebergehäuses direkt eingesetzt und genau gegen die am Schieberkeil festen Schlußflächeringe justiert. — Mit der Einführung höherer Betriebsspannungen in den Rohrnetzen mußte auch die ursprünglich rechteckige Kastenform verlassen werden, da sie sich mit den flachen Umfassungswandungen aufblähte; sie hat einer ovalen Form und in neuester Zeit der kreisrunden Zylinderform Platz gemacht. Diese letztere Form ist für 20 und mehr Atmosphären inneren Druck die geeignetste. Mit der Zylinderform wurde allerdings ein Mehr an Baulänge erforderlich, welche bei der ovalen Form auf 200 Millimeter + dem lichten Durchmesser normiert worden war. Für niedere Drücke von 1 bis 2 Atmosphären ist die rechteckige Form beibehalten worden, wodurch sich für manche Anlage eine sehr erwünschte, beträchtlich kürzere Baulänge erzielen ließ.

Schieber mit beiderseitigen Muffen, sogenannte Muffenschieber, haben eine geringere Baulänge als Flanschenschieber, dagegen den Nachteil, daß sie nicht entfernt werden können, ohne die Leitung umzubauen. Bei Flanschenschiebern gelingt es, wenn auch mühsam, sie mittels feiner Stahlsägen, die den Dichtungsring (Gummi) durchschneiden, zwischen den Flanschen herauszunehmen. Übrigens kommt ein Herausnehmen der Schieber aus einer Leitung sehr selten vor, da alle Teile aus der Reserve ersetzt werden können; nur bei Zertrümmerungen des Gehäuses ist ein Ausbauen nicht zu umgehen. — Um Schieber bequemer ein- und ausbauen zu können, bedient man sich eines Ansatzstückes mit Gummidichtung nach Fig. 22 bezw. 131 (S. 29 und 102), welches nach Lösen der Schrauben am Schieber zurückgeschoben werden kann.

Die Details der Schieberkonstruktionen sollen nun im folgenden vorgeführt werden.

Fig. 240 zeigt einen rechteckigen Schieber älterer Konstruktion vom[1] Karlsruher Hofwasserwerk. Hier wird der Schluß der beiden Flügel *f*, die mit verstifteten Ösen an der Welle *w* hängen und mittels der Kugel *K* durch die Spindel *s* in der Schiebermitte auf beide Sitzflächen gepreßt werden können, dadurch erreicht, daß die Flügel nur an einem Punkte gedrückt und nicht entlang den Sitzflächen bewegt werden, solange die Kugel ihren Druck ausübt. Die Sitzflächen werden hierdurch geschont, jedoch rückt durch allmähliches Abschleifen die Kugel nach unten, der Druckpunkt ist nicht mehr in der Mitte der Sitzflächen und der Schieber wird undicht. Ähnliche Konstruktion haben die Schieber der Wiener Hochquellenleitung; vgl. auch D. R.-P. 77 961, 114 725. In Fig. 241 ist ein Schieber mit Flügelschlußflächen, amerikanisches System, dargestellt. Hier wird der Schluß durch Einzwängen einer keilförmigen Spindelmutter zwischen beide Flügel erzeugt. Bei häufigem Gebrauch tritt auch hier Abschleifen der Kegelflächen ein und es pendeln, wie bei Fig. 240, die Flügel nach der Entlastung im Wasserstrome, wodurch sie störendes Geräusch und vermehrte Abnutzung der sich berührenden Teile verursachen. — Fig. 242 zeigt einen Schieber mit Einzelschlußflächen D. R.-P. Nr. 56 130, R e u t h e r. Die beiden Schlußflächen gleiten in zwei keilförmigen Führungen, von denen eine durch Stellschraube von außen nachgestellt werden kann. Sie schließen, indem sie mit der Spindel nach aufwärts gegen die oben dicker werdenden Führungen bewegt werden. Da bei geöffnetem Schieber die Schlußflächen unterhalb des Rohres sich befinden, baut sich diese Anordnung nicht in die Höhe, was bei seichtliegenden Strecken im Frost nicht ohne Vorteil ist. Die beiden Maße *A* und *C*, die Tiefe und Höhe von der Rohrachse, sind nahezu gleich und wesentlich kleiner als die Baulänge *B*. Vorsicht wegen der veränderten Drehrichtung ist geboten, da der Keil beim S i n k e n öffnet, gegenüber den normalen Schiebern, wo er beim S t e i g e n öffnet.

Die unter dem Namen Jenkinsventile sehr verbreiteten Schieber nach Fig. 243 haben nur eine Dichtungsfläche auf der Seite des Eintritts; dies ist die zur Rohrachse senkrechte Fläche, die andere ist schräg verlaufend und bildet den Keilfalz. Die Schraubenspindel ist steigend, d. h. beim Drehen bewegt sie sich in der im Schieberaufsatz festliegenden Mutter auf und ab und läßt auf diese Weise von außen den jeweiligen Stand des Schiebers leicht erkennen. Fig. 244 zeigt einen Schieber mit eingebleiten Sitzflächen (vgl. oben). Der beiderseitig schräge Keil *K* zwängt

Fig. 243—247.
Absperrschieber verschiedener Bauarten.

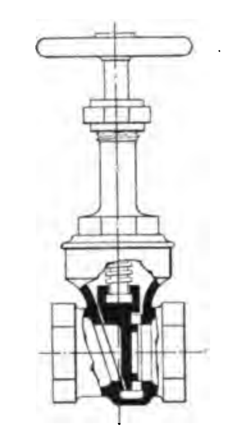


Fig. 243. Jenkinsschieber.

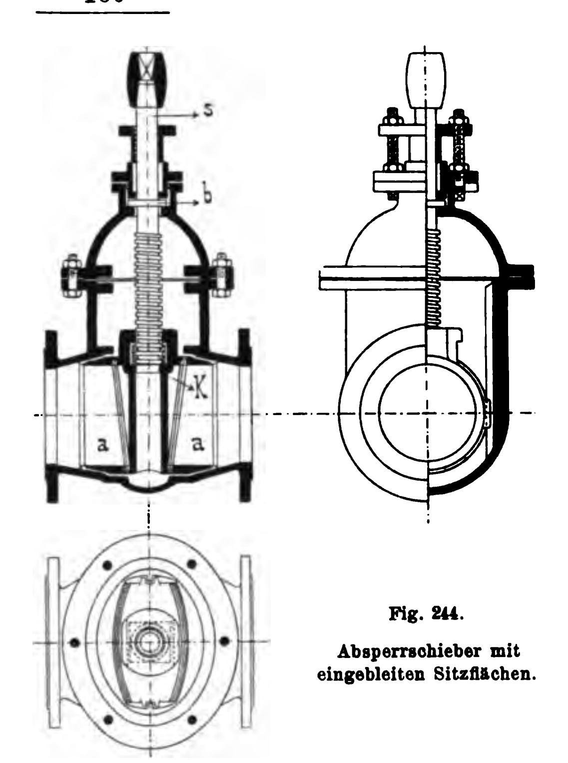


Fig. 244.
Absperrschieber mit eingebleiten Sitzflächen.

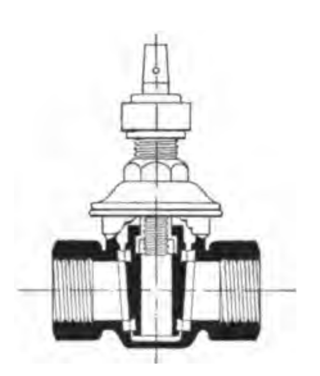


Fig. 246. Kleiner Schieber.

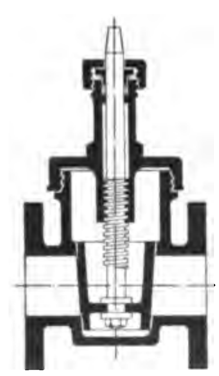


Fig. 247. Pflockhahn.

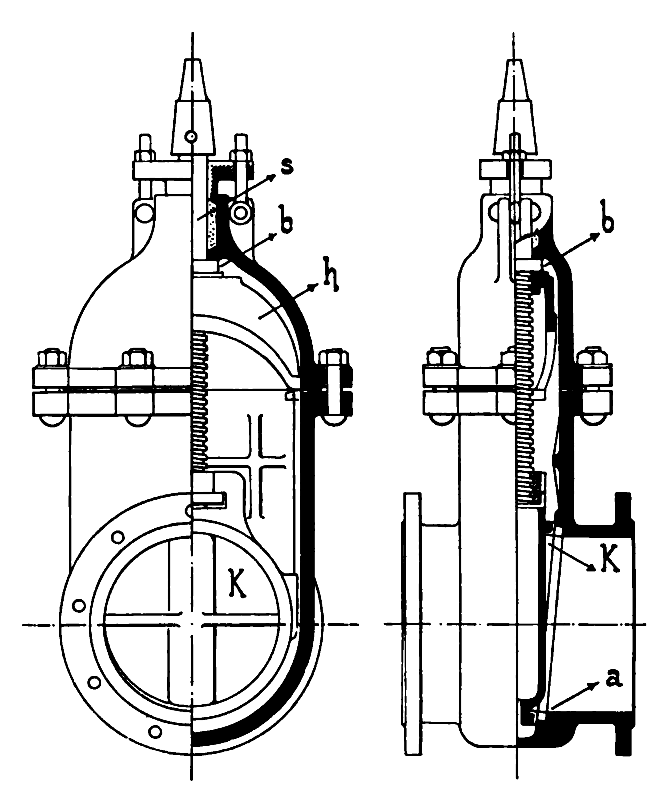


Fig. 245. Englischer Wasserschieber (Müller, Birmingham).

sich bei Abwärtsbewegung zwischen die Sitzflächen *aa*, deren Tragringe im Schlußzustand von den beiden Schieberseiten aus mit Blei eingedichtet werden, nachdem sie vorher auf besonderen Drehbänken bearbeitet worden. Die Schraubenspindel *S* ist mit einem Bund *b* zwischen der oben aufgeschraubten Stopfbüchse und dem Gehäuse drehbar gelagert, kann sich aber in der Längenrichtung nicht verschieben; daher steigt oder sinkt beim Drehen der Spindel *s* der Keil *K* allein. Zur Vermeidung der Drehung wird der Keil zwischen senkrechten Leisten geführt, wie aus dem Grundriß zu erkennen ist. Englische Wasserschieber sind in Fig. 245 dargestellt. Bei diesen Schiebern ist die Stopfbüchse im Schiebergehäuse eingegossen. Der Bund *b* der Schraubenspindel *s* wird hier nach oben vom Gehäuse, nach unten von einer eingelegten Haube *h* getragen, die sich beim Aufziehen des Keiles *K* wiederum auf das untere Schiebergehäuse stützt. Die Sitzflächen *a* sind aus eingepaßten Bronzeringen gebildet, die in ausgefrästen Ringnuten des Gehäuses liegen. Die Anordnung der Innenhaube *h* gestattet eine leichtere Zugänglichkeit zu etwa eingerostetem Keil durch Abnahme des Gehäuseoberteils. Der gegenwärtig fast ausschließlich zur Anwendung kommende Schieber ist in Fig. 257, S. 164 dargestellt nach der Ausführungsform der Firma Bopp & Reuther, Mannheim; dort befindet sich auch eine Tabelle für die Hauptdimensionen, worauf wir verweisen.

Für kleinere Lichtweiten bis etwa 80 Millimeter genügen die mit Rohrgewinde versehenen Schieber Fig. 246, welche besonders in Bädern oder Wäschereien u. dgl. mit den Kalt- oder Warmwasserleitungen installiert werden. Die Spindel ist hier nicht steigend, Drehrichtung am besten wie bei Ventilen, mit denen sie nahe zusammengebaut bedient werden.

Unter dem Namen Pflockhahn besteht eine zwischen Schieber und Hahn die Mitte haltende Absperrvorrichtung Fig. 247, deren Abschlußkeil die Form eines Hahnkükens ohne Durchbohrung hat. Die Spindel steigt beim Öffnen, und obwohl sie sich dreht, bleibt der Keil zunächst ruhig und fängt sicht erst dann an mitzudrehen, wenn seine Umfangsreibung kleiner geworden ist als die Reibung der unteren Mutter und Scheibe. Es schleifen sich auf diese Art geringe Unebenheiten des Hahns von selbst ab.

Vorstehend erwähnte bezw. alle Schieber, welche in Schächte gelegt oder von Podesten aus bedient werden, sind mit Handrädern (vgl. Fig. 248 bis 251), auf welchen die Drehrichtung markiert ist, versehen und erhalten in geeigneten Fällen ein Zeigerwerk, aus welchem man die jeweilige Lage des Schieberkeils zu erkennen vermag, die bei den verdeckt liegenden Spindeln sonst verborgen bleibt. Es ist dies besonders dort, wo, wie z. B. bei langen Zuleitungen, ein falsches Manöver am Schieber große Zerstörungen verursachen kann, von großer Wichtigkeit. Die einfachste Art eines solchen ist in Fig. 248 rechts, sowie in Fig. 249 aus dem Aufriß

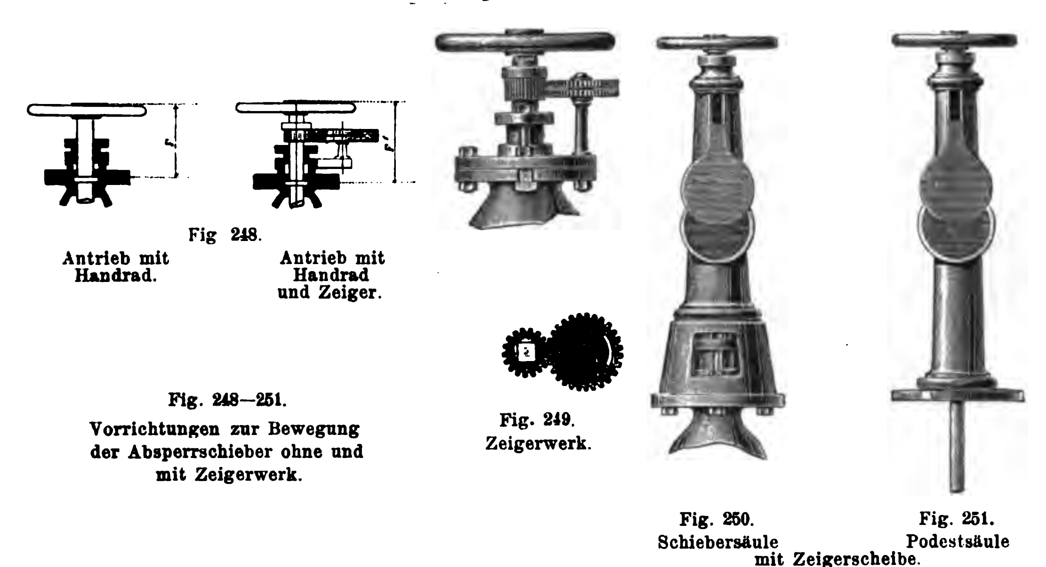


Fig. 248. Antrieb mit Handrad. Antrieb mit Handrad und Zeiger.

Fig. 248—251. Vorrichtungen zur Bewegung der Absperrschieber ohne und mit Zeigerwerk.

Fig. 249. Zeigerwerk.

Fig. 250. Schiebersäule mit Zeigerscheibe. Fig. 251. Podestsäule

und Grundriß zu ersehen. Die Schieberspindel wird hierbei um ein geringes Maß *F′—F* nach oben verlängert, um ein Zahnrädchen aufzunehmen, das in zwei übereinander lose auf einem Dorn sich drehende größere Zahnräder eingreift. Das obere der beiden größeren Räder trägt einen segmentförmig gebogenen Schlitz, an dessen Enden die Buchstaben O und Z, „Offen“ und „Zu“, aufgegossen sind und in dem ein Arretierungsstift gleitet, der in dem unteren der beiden Räder befestigt ist. Befindet sich wie in der Zeichnung der Stift an dem einen Ende des Schlitzes bei Z, so

ist der Schieber zu. Wird nun an der Spindel behufs Öffnen gedreht, so dreht sich das kleine auf der Spindel festsitzende Rädchen mit und die beiden größeren Räder, welche jedoch nicht die gleiche Zähnezahl haben, sondern um e i n e n Zahn verschieden geteilt sind, werden infolge dieses Unterschiedes bei ihrer gleichzeitigen Drehung gegeneinander verschoben. Hat das kleine Rädchen z. B. 15 Zähne, die großen Räder 30 bezw. 31, so wird die Schieberspindel zweimal gedreht werden müssen, bevor das Dreißigerzahnrad einmal um seine Achse sich dreht; das Einunddreißigerzahnrad ist hierbei um einen Zahn zurückgeblieben, bei 4 Spindelumgängen um 2 Zähne u. s. f., bis die zurückgebliebene Radstrecke dem Bogenmaß des Schlitzes entspricht, während

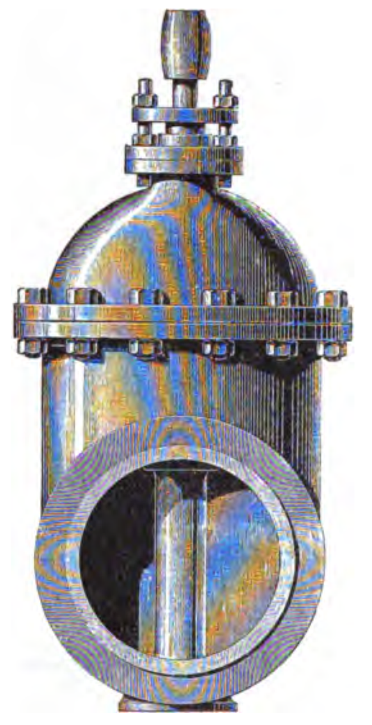




Fig. 252. Vorderansicht und Grundriß eines ovalen Wasserschiebers.



Fig. 253. Ansicht eines zylindrischen Schiebers mit Umgangsvorrichtung.

sich unterdessen der Stift des Dreißigerzahnrades an das andere Ende des Schlitzes bei O verschoben hat, wobei der Schieber geöffnet ist.

Die in den Fig. 250 u. 251 dargestellten Zeigerwerke sind deutlicher und schon von weitem zu erkennen. Sie zeigen den Stand des Schieberkeiles direkt an, indem sich eine mit einer Mutter versehene Zeigerscheibe von der Form des lichten Schieberdurchganges durch die in dem Rohr- oder Säulenständer verlängerte Schieberspindel über eine zweite Scheibe bewegt, die die Sitzfläche vorstellt und an dem Ständer festgemacht ist, die Zeigerscheibe sich demnach auf und ab schiebt. Je nach der Entfernung der beiden Unterkanten dieser Scheiben voneinander läßt sich die Öffnungsweite des Schiebers erkennen und abmessen. Auch die richtige, gewünschte Drehrichtung läßt sich bei diesem Zeigerwerk besser erkennen, da die bewegliche Zeigerscheibe sofort der geringsten Drehung an der Spindel durch Auf- oder Abwärtsgleiten folgt. Bezüglich der Gestängedimensionen gilt dasselbe was bei der Schleuse (Fig. 238) am Schlusse gesagt wurde.

Eine sehr hübsche Zeigeranordnung hat das Eisenwerk Kaiserslautern an ihren Schiebern angebracht (D. R.-G.-M. Nr. 195 071) indem die Schieberspindel oberhalb der Stopfbüchse ein Gewinde trägt, auf dem sich der von der seitlich feststehenden Skala geführte Zeiger auf und ab bewegen kann. Die Steigung des Zeigergewindes kann in jedem beliebigen Verhältnis zur Steigung des Schieberspindelgewindes stehen, so daß der Schieberkeilweg sowohl in verkleinertem wie in vergrößertem Maßstabe außen sichtbar wird.

Verdeckt liegende Schieber werden mittels eines sog. „Steckschlüssels, Schieberschlüssels" bedient, der für alle Lichtweiten der Schieber passen muß; nur für sehr große Schieber sind besonders starke Steckschlüssel nötig. Damit nun bei Hantierungen mit den roh geschmiedeten Steckschlüsseln die vierkantigen Köpfe der Bronzespindeln der Schieber nicht notleiden, sind diese Köpfe mit satt aufgepaßten und verstifteten Schonern von rohem Gußeisen versehen, bei tiefliegenden Schiebern mit gußeisernen Kuppelmuffen für das Verlängerungsgestänge. Die Schoner haben alle das gleiche Vierkant, oben 25 × 25, unten 31 × 31 bei 50 Millimeter Länge, auf das der Steckschlüssel paßt und das vermöge seiner rohen Gußhaut genügend Widerstand gegen Abnutzung leistet. Ein Schieber mit Gestänge, Kuppelmuffe und Schoner ist in Fig. 261 (S. 168) gezeigt.

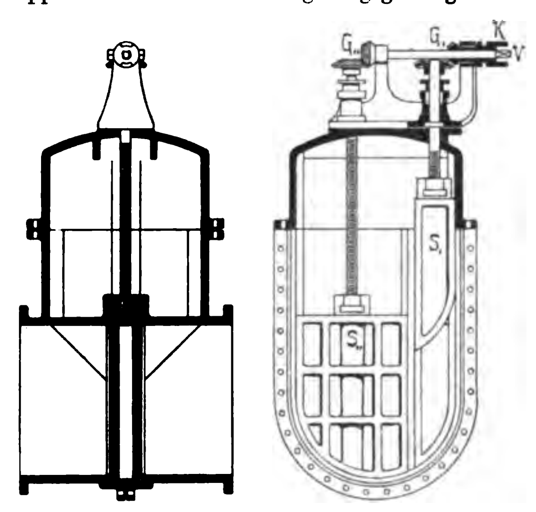


Fig. 254. Schieber mit zweiteiligem Keil.

Aus Fig. 252 sind die äußeren Formen eines ovalen Wasserschiebers zu entnehmen, wie sie öfters zu zeichnerischen Darstellungen dienen. Das elliptische Gehäuse wird im Grundriß mittels Kreisbögen nachgeahmt. Gute Verhältnisse ergeben sich, wenn man um den Mittelpunkt einen Hilfskreis mit einem Halbmesser = $^1/_3$ des Rohrkalibers schlägt und in den Schnittpunkten dieses Hilfskreises mit der Rohrachse die Radien für die großen Bögen, in den Schnittpunkten mit der senkrechten Mittellinie die Radien für die kleinen Bögen des Schiebergehäuses beginnen läßt. Die Stopfbüchse wird im Grundriß unter Zuhilfenahme des Kreises der zylindrischen Kuppelmuffe gezeichnet, indem die Mittelpunkte der Ovalkreise je in den Achsenschnitten mit dem Außenkreis der Kuppelmuffe liegen. Die Dimensionen des Schiebers sind aus der auf S. 165 folgenden Tabelle ersichtlich.

Fig. 253 gibt die Ansicht eines zylindrischen Schiebers mit steigender Spindel und mit Umgangsvorrichtung. Wenn Schieber in Brunnenstuben, Reservoirkammern u. dgl. dunkeln Lokalen sich befinden, so ist die Anordnung mit steigender Spindel und außenliegendem Gewinde nicht ohne Vorteil, da man den Stand des Schieberkeiles und die nötige Drehrichtung ohne weiteres erkennen kann. Diese Schieber wurden zuerst als Dampfschieber eingeführt, sie sind jedoch in ihren Einzelheiten (Rotgußspindel und -mutter, Bronzeringe der Sitzflächen etc.) genau wie die Wasserschieber gebaut; es ist also kein Grund vorhanden, sie nicht auch für Wasserleitungszwecke zu gebrauchen. Die zylindrische Gehäuseform ist bei hohen Drücken überhaupt geboten, da sie die einzige ist, die sich nicht deformiert. Ovale Schieber blähen sich auf, wie oben bereits erwähnt, und die Deckeldichtungen rinnen, sobald der Druck über den normalen steigt oder gar wechselt.

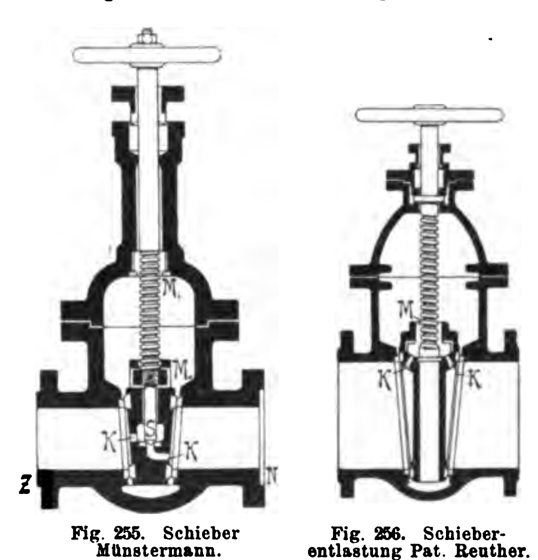


Fig. 255. Schieber Münstermann.

Fig. 256. Schieberentlastung Pat. Reuther.

Fig. 254—256. Vorrichtungen an Absperrschiebern behufs Entlastung des Schieberkeiles (Druckausgleich).

An der Fig. 253 ist eine Umgangsvorrichtung ersichtlich, die eine einfache Lösung des viel versuchten Problems des Druckausgleiches vor und hinter dem Keil zeigt. Öffnet man den kleinen Schieber, der übrigens auch durch ein Ventil oder durch einen Hahn ersetzt werden kann, so strömt Wasser von der Druckseite des großen Schiebers nach der leeren Seite. Der Druckausgleich ist in der Regel dann beendet, wenn sich das Sausen des zuerst mit großer Geschwindigkeit in den leeren Rohrstrang überströmenden Wassers verloren hat. Man erkennt diesen Zeitpunkt sehr leicht, wenn man das Ohr an den Steckschlüssel des großen Schiebers hält, in Fig. 253 an das Handrad desselben, worauf der Hauptschieber ohne besonderen Kraft-

aufwand geöffnet werden kann. In den Fig. 254—256 (S. 163) sind noch einige andere Lösungen gezeigt. Fig. 254 stellt einen Schieber mit zweiteiliger Abschlußwand vor. An diesem Schieber mit großer Lichtweite ist der Abschlußkeil in zwei ungleiche Teile zerlegt, einen kleinen $S_{,}$, der zuerst mittels der Klaue K und dem Getriebe $G_{,}$ unter geringem Kraftaufwand geöffnet werden kann, und einen großen Teil $S_{,,}$, welcher nach dem kleinen geöffnet wird unter Benutzung des Vierkantes V und Getriebes $G_{,,}$. Beide Schieberkeile führen einander gegenseitig mit Nute und Feder an ihren zugekehrten Seiten, anderseits an der Gehäusewandung. Fig. 255 zeigt einen Druckausgleich bei dem Absperrschieber für hohen Druck von Münstermann. In dem dickwandigen, mittels Nute und Zapfen einzudichtenden Gehäuse bewegt sich zwischen Bronzesitzflächen der Abschlußkeil bei steigender Spindel, deren Mutter $M_{,}$ im Gehäuseoberteil fest gelagert ist. Der Keil wird durch eine zweite Mutter $M_{,,}$ mitgenommen, welche sich jedoch erst dann gegen den oberen Keilsteg legt, wenn die nach unten verlängerte Spindel mit ihrer Spitze S so viel zurückgedreht worden ist, daß der vorher abgeschlossene Bronzeventilsitz geöffnet wird und so die Verbindung zwischen den beiden Rohrseiten durch die Kanäle KK stattfindet. Nach eingetretenem Druckausgleich, wenn eine Strömung nicht mehr wahrgenommen wird, öffnet man dann mittels Hochdrehen der Spindel den Schieber. Die Mutter $M_{,,}$ muß gut verstiftet werden. Fig. 256 stellt Reuthers Patententlastung für Schieber (D. R.-P. Nr. 52 747) dar. Der Schieber unterscheidet sich von den normalen Schiebern nur durch die im Keilkopf eingelegte, unten kegelförmig abgeschliffene Mutter M, welche beim Aufdrehen der Spindel zuerst sich von den Kanälen KK abhebt, durch die der Druckausgleich bewirkt wird, indem dann beide Schieberseiten miteinander kommunizieren. Nach erfolgtem Überströmen legt sich beim Weiterdrehen der Spindel die Mutter an den oberen Keilsteg, diesen wie gewöhnlich mit in die Höhe ziehend und den Schieber öffnend. Die Konstruktion der S. 159 u. 161 erwähnten, heutzutage verbreitetsten Schieber mit Sprengringen als Sitzflächen für den Keil ist in Fig. 257 wiedergegeben. Es ist dies die gegenwärtig als normal geltende Ausführung der deutschen Absperrschieber. Die Baulänge bei Muffen ist wesentlich geringer als die bei Flanschen; beide Maße sowie diejenigen der anderen wichtigsten Dimensionen sind in der nebenstehenden Schiebertabelle enthalten. Konstruktion und Ausführung dieser Schieber ist in vielen tausend eingebauten Exemplaren im Gebrauch bewährt und kaum noch einer Verbesserung fähig; auch der bisher abgesperrte Hohlraum unter dem Keil ist neuestens (1907) von Reuther durch einen Kanal mit einer der beiden Rohrseiten verbunden worden, so daß beim Öffnen des Schiebers alle etwa dort angesammelten Fremdkörper weggespült werden. Die Bearbeitung der schräg zueinander liegenden Sitzflächen, in welche die Sprengringe eingelegt sind, geschieht auf besonders für diesen Zweck durchgebildeten Spezialmaschinen. Der Probedruck der normalen Schieber ist 20 Atmosphären.

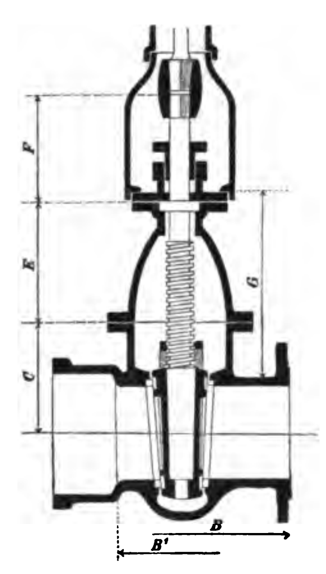


Fig. 257. Reuthers Normalschieber. (Linke Hälfte für Muffenschieber, rechte Hälfte für Flanschenschieber.)

Wie schon bemerkt, gibt es außer den Schiebern für normalen und für hohen Druck (bezw. für 10 Atmosphären Betriebsdruck und darüber) auch solche für niederen Druck von 1 bis 2 Atmosphären. Da bei diesen niederen Pressungen die Gehäuse nur unbedeutend auf Dehnung beansprucht sind, hat man ihnen eine flache Form gegeben (wie die in Fig. 258 gezeigte von der Armaturfabrik Nürnberg mit der Lichtweite 1350 Millimeter) und damit besonders bei größeren Kalibern sehr geringe Baulängen erzielt, wodurch diese Niederdruckschieber sich bequem in Brunnenstuben, Reservoirkammern, Filterregulierungsschächten, überhaupt in solchen Räumen unterbringen lassen, welche beschränkte Dimensionen unter der Erdoberfläche erhalten sollen und in denen der Schieber für die verschiedenen Zwecke der Zuflußregulierung, des Ablassens, der Verteilung nach mehreren Richtungen u. s. w. in größerer Anzahl beisammen sein müssen.

Nach Prospekten der Firma Bopp & Reuther in Mannheim werden solche Schieber in den Dimensionen von 40 bis 1500 Millimeter lichter Weite mit 2 Atmosphären Probe-

Tabelle für die Dimensionierung der Schieber (nach Fig. 257).

Maße in Millimeter.

Lichter Durchmesser D	Flanschendurchmesser	Schrauben-Lochkreis-Durchmesser	Schraubenzahl	Baulänge der Flanschenschieber B	Baulänge der Muffenschieber B_1	Abmessungen C	Abmessungen E	Abmessungen F	Abmessungen G	Handraddurchmesser $D+100$ mm	Spindeldurchmesser	Gewindegänge auf 1 Zoll engl. = 25,4 mm	Anzahl Umdrehungen der Spindel zum völligen Öffnen oder Schließen des Schiebers
40	150	115	4	240	110	105	105	125	92	140	15	5	12
50	160	125	4	250	120	128	128	135	112	150	15	5	14
60	175	135	4	260	130	90	120	130	186	160	16	5	16
70	185	145	4	270	140	96	135	140	210	170	17	4,5	16
80	200	160	4	280	150	105	142	145	215	180	19	4	17
90	215	170	4	290	160	115	150	150	229	190	20	4	18
100	230	180	4	300	170	126	160	155	245	200	21	3,5	17
125	260	210	4	325	190	150	172	160	267	225	23	3,5	21
150	290	240	6	350	210	180	192	170	306	250	26	3	21
175	320	270	6	375	230	208	210	175	340	275	28	3	24
200	350	300	6	400	250	236	225	180	370	300	31	2,5	23
225	370	320	6	425	270	260	245	190	400	325	34	2,5	26
250	400	350	8	450	290	280	272	195	436	350	37	2,5	28
275	425	375	8	475	310	320	280	200	470	375	39	2,5	31
300	450	400	8	500	330	345	290	210	495	400	43	2,5	33
325	490	435	10	525	350	365	320	215	530	425	45	2,5	36
350	520	465	10	550	370	390	340	220	565	450	48	2,5	38
375	550	495	10	575	390	420	356	230	600	475	50	2,5	41
400	575	520	10	600	410	450	378	235	638	500	54	2	35
425	600	545	12	625	430	475	396	240	670	500	56	—	—
450	630	570	12	650	450	500	414	250	700	550	59	2	39
475	655	600	12	675	470	525	432	255	730	550	61	—	—
500	680	625	12	700	490	548	450	260	760	600	65	2	44
550	740	675	14	750	530	600	485	275	822	600	71	2	48
600	790	725	16	800	570	650	520	290	885	700	76	2	52
650	840	775	18	850	610	700	550	300	937	700	81	—	—
700	900	830	18	900	650	750	590	310	1000	800	87	—	—
750	950	880	20	950	690	805	630	325	1072	800	92	—	—
800	1020	940	20	1000	730	855	660	335	1128	900	98	—	—
900	1120	1040	22	1100	810	955	735	360	1252	1000	109	—	—
1000	1220	1140	24	1200	890	1060	805	385	1376	1100	120	—	—

druck und mit Flanschen angefertigt und wird folgendermaßen auf Dichtheit des Keilabschlusses garantiert:

bei	40 bis 300 mm	Lichtweite,	10 m	Wassersäule	bei 200 bis 270 mm	Baulänge,
„	325 „ 400 „	„	8 „	„	„ 280 „ 300 „	„
„	425 „ 600 „	„	8 „	„	„ 310 „ 380 „	„
„	650 „ 1000 „	„	5 „	„	„ 390 „ 500 „	„
„	1100 „ 1500 „	„	3 „	„	„ 550 „ 750 „	„

Ein Vergleich der Baulängen für Flanschenschieber ergibt:
bei normalen ovalen Schiebern nach vorstehender Tabelle $B = D + 200$ mm,
„ „ zylindrischen Schiebern von 200 bis 1000 mm Lichtweite $B = 2D + 60$ mm bis $1{,}5\ D$,
„ flachen Schiebern für Niederdruck nach obigen Daten $B = 0{,}5\ D$ bei $D \geq 1000$.

Die Preise (1907) bewegen sich entsprechend dem aufgewendeten Material etwa wie folgt. Ein 200 Millimeter-Schieber kostet z. B. probiert für Niederdruck (2 Atmosphären) 130 Mark; für normalen Druck (20 Atmosphären) 150 Mark mit ovalem Gehäuse, 180 Mark mit zylindrischem Gehäuse; für Hochdruck (150 Atmosphären) 335 Mark.

In solchen Fällen, wo die vertikale Bauart der Niederdruckschieber nach Fig. 258 nicht angängig ist, wie z. B. in niederen Schächten oder Brunnenstuben, finden horizontal gelagerte Schieber Anwendung. Diese Anordnung bringt nach Fig. 259 der Armaturfabrik Nürnberg eine weitere Abweichung von der normalen Schieberart insofern mit sich, als der Antrieb des Schieberkeils nicht mittels Schraubenspindel, sondern mit zwei horizontalen im Schieberkeil eingegossenen Zahnstangen und einem an dem senkrechten Gestänge befestigten doppelten Zahnrad bewirkt wird. Bei der gezeichneten





Fig. 259. Antrieb mit Zahnstangen.

Fig. 258 u. 259. Antriebvorrichtungen großer Flachschieber für Niederdruck der Armaturen-Maschinenfabrik A.G. Nürnberg und Wien (vormals Hilpert).

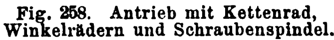


Fig. 258. Antrieb mit Kettenrad, Winkelrädern und Schraubenspindel.

Konstruktion ergibt sich die Drehrichtung am Gestänge ganz von selbst analog derjenigen bei normalen Schiebern, welche bei Drehung im Sinne des Uhrzeigers schließen. Der Schieberkeil ist im Gehäuse auf einem horizontalen Schlitten geführt; dadurch ist bei Öffnung des Schiebers nur die Reibung des Keiles auf dieser Führung zu überwinden, was mit dem Zahnstangengetriebe verhältnismäßig leicht und schnell geschieht, im Gegensatz zu dem Getriebe der vertikalen Schieber in Fig. 258, wo das ganze Gewicht des Keiles zu heben ist. Dort wird die Einschaltung eines Rädervorgeleges notwendig, das nächst der Schraubenbewegung die Eröffnung des Schiebers bedeutend verlangsamt.

Ein Vergleich der beiden Bewegungsarten hinsichtlich der Schnelligkeit ergibt z. B. für einen 1350 Millimeter-Schieber nach Fig. 258 bei 1,5 Gewindegängen auf 1 Zoll englisch = 25,4 Millimeter (also bei 25,4 : 1,5 = 17 Millimeter Steigung, um welches Maß der Keil mit jeder Spindelumdrehung gehoben wird), die nötige Anzahl der Spindelumdrehungen zur völligen Eröffnung einschließlich Dichtungsleiste zu (1350 + 40) : 17 = 82, welche durch die Winkelräder auf das Kettenrad übertragen und rund vierfach vermehrt werden, d. i. auf 328. Da nun an der Zugkette durch einen Mann bei einem Handgriff nur etwa 0,5 Meter abgewickelt werden können, so muß bei dem Kettenraddurchmesser von ca. 750 Millimeter an der Kette $\frac{0,75 \times 3,14}{0,5}$ rund 5mal zu einer Kettenradumdrehung gezogen werden, somit im ganzen 5 . 328 = 1640mal, wozu etwa $\frac{1640}{30} = 55$ Minuten oder rund 1 Stunde Zeit nötig sind, da 1 Mann kaum mehr als 30 Züge in der Minute an einer belasteten Kette, abgesehen von Pausen, machen kann. Für den in Fig. 259 gezeichneten 1350 Millimeter-Zahnstangenschieber, dessen Zahnstangen bei ca. 18,5 Millimeter Teilung auf den lichten Durchmesser + 40 Millimeter Dichtungsüberdeckung etwa 75 Zähne aufweisen, welche mit dem Gestängezahntrieb von 10 Zähnen in 7,5 Umdrehungen nacheinander zum Eingriff gebracht werden können, genügen, wenn an dem Steckschlüssel oder Handrad von $D + 100$ Millimeter = 1450 Millimeter Durchmesser mit 4500 Millimeter Umfang ebenfalls nur 0,5 Meter Weg auf einmal gedreht wird, $\frac{4,05}{0,5} \cdot 7,5 =$ rund 70 Handgriffe, die in 2 bis 3 Minuten zu machen sind.

Für Heberleitungen und andere weit entlegene Schieber werden von der obengenannten Fabrik diese Zahnstangenschieber für elektrischen Antrieb eingerichtet, so daß sie bei Vorhandensein von Starkstrom von jeder beliebigen Stelle aus mittels eines kleinen auf dem Schiebergehäuse montierten Elektromotors bewegt werden können.

Wie der elektrische Antrieb eines Absperrschiebers angeordnet sein kann, zeigt Fig. 260, die einen nicht unter Druck stehenden Schieber von Alley & Maglellan, Glasgow, darstellt. Auf der den oberen Abschluß des Schiebergehäuses bildenden Deckplatte befindet sich mitten der Elektromotor, dessen Triebrad in ein dahinterliegendes größeres Zahnrad eingreift; letzteres sitzt auf einer entlang der Deckplatte in zwei hohen Lagern sich drehenden Welle, von denen nur das rechtseitige Lager in der Figur zu sehen ist. Diese Lager sind gabelförmig geteilt, um zwischen der Gabel je eine Schraube ohne Ende aufzunehmen, die wiederum je in ein Schneckenrad eingreift, das je auf eine links und rechts aus dem Schiebergehäuse durch eine Stopfbüchse heraustretende Schieberspindel aufgeschraubt ist. Diese Schieberspindeln werden je nach der Drehrichtung des Schneckenrades emporgeschraubt oder niedergelassen und mit ihnen der unten im Gehäuse zwischen Gleitflächen bewegliche Schieberkeil (hier nur eine parallele Abschlußwand) auf- oder abgezogen. Da diese Einrichtung (z. B. an einem Schleuseneingang, der entfernt von der Pumpstation etc. liegt) nur in Notfällen, etwa bei Bruch der an den Schieber anschließenden Leitung in ihren untersten Lagen und dann nur zum raschen Schließen des Schiebers, gebraucht wird, so wird der Elektromotor, der mittels der Stromleitungen mit der Betriebsstelle verbunden ist, durch Einschalten des Stromes in der Station nur in diese, dem Schließen des Schiebers entsprechende Drehung versetzt. Das Einschalten wird dabei augenblicklich, das Schließen des Schiebers in sehr kurzer Zeit bewirkt, das Ausschalten des Stromes nach Schluß des Schiebers erfolgt automatisch. Nach Beseitigung der Störung ist der Schieber wieder von Hand an Ort und Stelle zu öffnen, wozu das in der Figur ersichtliche, aus dem rechtseitigen Lager etwas vorstehende vierkantige Wellenende, auf das eine Handkurbel aufgesteckt werden kann, dient; vorher ist das auf der Motorwelle sitzende Triebrad mittels der abgebildeten Ausrückvorrichtung außer Eingriff mit dem größeren Zahnrad zu bringen, so daß durch Drehung an der Handkurbel lediglich die Welle mit den beiden Schrauben ohne Ende in den Lagern, und die Schneckenräder auf den zugehörigen Schieberspindeln im Sinne des Schieberöffnens bewegt werden, der Motor aber stillsteht. Nach vollzogener Öffnung wird das Motorrad wieder betriebsbereit eingerückt.

Bei Absperrschiebern, welche sehr großen Leitungsdrücken ausgesetzt sind und bei denen deshalb die Bewegung der Schieberspindel immerhin einen bedeutenden Kraftaufwand erfordert oder bei Anwendung großer Übersetzungsverhältnisse geraume Zeit beansprucht, wird in neuerer Zeit [18], und zwar besonders in Anlagen, welche Druckwasser mit 50 und mehr Atmosphären fortleiten, der Wasserdruck benutzt, um den Schieberkeil zu verstellen. Zu diesem Zwecke ist die Schieberspindel glatt und ohne Bund ausgeführt; auf den nach oben ragenden glatten Teil der Spindel ist ein Kolben gesteckt, der sich in einem auf das untere Schiebergehäuse mit einer

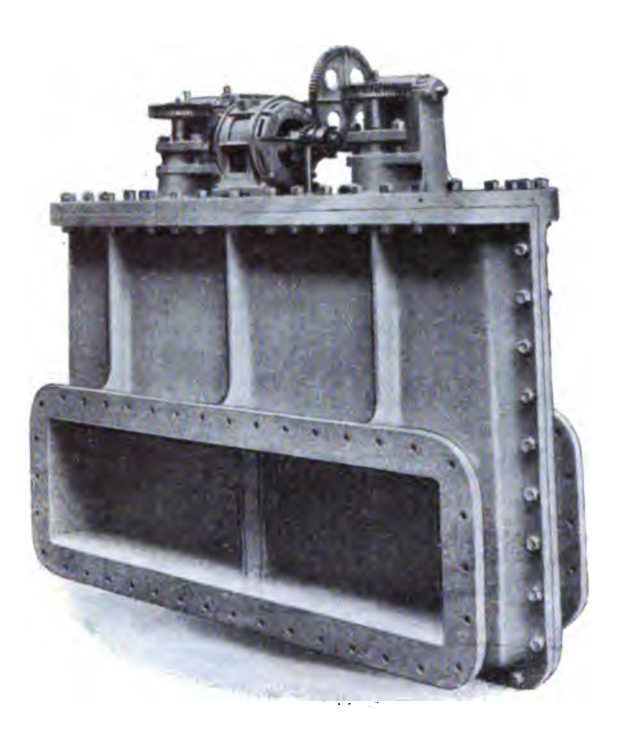


Fig. 260. Elektrischer Antrieb eines Flachschiebers für Niederdruck (Zuflußgerinne) von Alley & Maglellan, Glasgow. (Engineering.)



Fig. 261. Absperrschieber mit Einbaugarnitur.





Fig. 262. Winkelräder- Fig. 263. Stirnräder-Getriebe zu Schiebern vom Guß- und Armaturwerk Kaiserslautern.

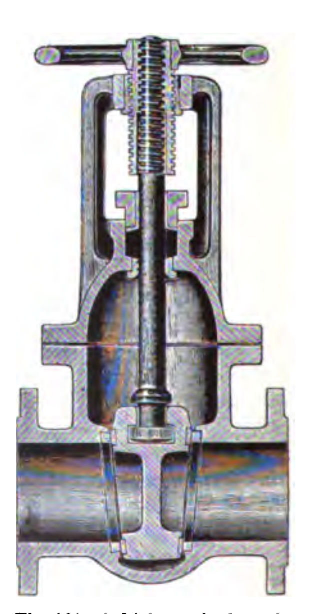


Fig. 264. Schieber mit doppelt steigender Spindel.

Stopfbüchse gestülpten Zylinder bewegt. In diesen Zylinder wird beim Öffnen des Schiebers das Druckwasser unterhalb des Kolbens eingelassen, wobei sich der an der Kolben- bezw. Schieberspindel hängende Schieberkeil hebt. Oberhalb des Kolbens etwa befindliches Wasser wird hierbei gleichzeitig abgelassen. Beim umgekehrten Verfahren, wenn also Druckwasser oberhalb des erwähnten Kolbens eingelassen und das Abwasser unterhalb desselben entleert wird, senkt sich der Kolben und mit ihm die Spindel und der Keil. Verwendung findet diese Anordnung meist nur in den mit Druckleitungen für das Betriebswasser versehenen Wasserkraft-Elektrizitätswerken, die für ihre inneren Bedarfszwecke zur Regulierung u. dgl. mit Druckwasser von 50 Atmosphären versehen sind.

Werden Schieber nicht in gemauerte Schächte gelegt, sondern in die Erde eingebettet, so erhalten sie zum Schutze des Gestänges, welches die Verlängerung der Schieberspindel bildet und in der Regel in Schmiedeisen ausgeführt bis nahe an die Erdoberfläche reicht, ein gußeisernes Schutzrohr, das einerseits auf dem Schieberoberteil aufsteht, anderseits in die Straßenkappe mündet (Fig. 261). Im oberen Ende des Schutzrohrs ist zur Führung des Gestänges eine gußeiserne gelochte Scheibe eingelegt. Die Straßenkappe ruht auf einer Platte (Stein, Monierplatte, Holz), unter welcher das Erdreich fest gestampft sein muß, wenn die Kappe nicht mit der Zeit einsinken soll. Das Schutzrohr mit der Straßenkappe zusammenzubauen empfiehlt sich nicht, da das unausbleibliche Setzen des umgebenden Erdreichs und das daraus folgende Emporstehen der Kappe über die Fahrbahn eine baldige Zerstörung der Kappe herbeiführt. Je nach der ortsüblichen Rohrdeckung erhält das Schutzrohr die entsprechende Länge. Für Verstiftung der Gestängekupplung ist zu sorgen, damit beim Abnehmen des Steckschlüssels das Gestänge nicht auseinandergezogen werden kann. Die Bedienung dieses Schiebers ist ohne weiteres klar.

Um einesteils eine leichtere Beweglichkeit der Schieberkeile besonders bei beschränktem Raum oder an schwer zugänglichen Stellen zu ermöglichen, andernteils die Bewegung von einem entfernteren Orte aus zu bewirken, ordnet man Vorgelege an den Schieberspindeln nach Fig. 262 und Fig. 263 an. Die erstere Anordnung gestattet die Übertragung auf eine horizontale Welle, letztere auf eine parallel zur Schieberspindel stehende vertikale Welle. Bei dieser Anordnung von Vorgelegen ist w o h l z u b e a c h t e n, daß jedes Räderpaar die Drehrichtung umkehrt, daß demnach die Drehrichtung der Schieberspindel verkehrt wie die des Handrades wird, und deshalb ist bei Bestellung das Spindelgewinde dementsprechend abzuändern. Bei Fig. 263 läßt sich auch statt der Zahnräder ein Vorgelege mittels Kettenräder und Gelenkkette anordnen, das dann die Drehrichtung nicht verändert.

Von der Firma Pörringer & Schindler in Zweibrücken werden Absperrschieber nach Fig. 264 gebaut, die eine etwas kleinere Bauhöhe haben als die in Fig. 253. Dieses wird erreicht, indem man das Handrad auf einer Rotgußbüchse mit doppeltem Gewinde aufkeilt; das äußere rechte Gewinde hebt beim Linksdrehen des Handrades die Schieberspindel um die Ganghöhe dieses Gewindes, das seine Mutter in dem Bügeloberteil des Schiebers hat, während gleichzeitig das innere linke Gewinde der Büchse als Muttergewinde für die Schieberspindel wirkt und diese ebenfalls um die Ganghöhe des Innengewindes hebt, zusammen also um 2 Ganghöhen bei einmaliger Umdrehung. Die Schieberspindel selbst ist an der Drehung gehindert durch den im Schieberkeil eingepaßten viereckigen Spindelbund. — Um zu verhüten, daß hierdurch der Schieber zu schnell geschlossen wird, kann die Ganghöhe der Gewinde entsprechend vermindert werden. Für manche Zwecke, z. B. Ablaßschieber an Reservoiren, Spülkanälen u. dgl., wo sehr geringer Druck herrscht, mag etwaiges rasches Öffnen oder Schließen nicht unerwünscht sein.

In Fig. 265 ist ein Schieber mit wagrechter Spindel für große Lichtweite dargestellt. Der gezeichnete Schieber ist in der Wasserleitung von Rom eingebaut. Der lichte Durchmesser der hierzu gehörigen Rohrleitung beträgt 1150 Millimeter. Wollte man einen derartigen Absperrschieber wie die anderen kleinen Schieber in vertikaler Stellung einbauen, so müßte an der betreffenden Stelle die Rohrdeckung nahezu 3,50 Meter betragen, da die Bauhöhe von Oberkante Rohr bis Ende Antriebsvorrichtung allein schon 3,20 Meter erreicht. Dies erscheint für normale Verhältnisse untunlich. Es könnte die Meinung entstehen, daß die gezeichnete Antriebsvorrichtung abnorm gestaltet ist, daß z. B. die Schraubenspindel nicht wie bei den gewöhnlichen Schiebern durch den Schieberkeil geführt ist, wobei mindestens die Rohrlichtweite an Bauhöhe gespart würde. Allein auch mit der gewöhnlichen Spindelanordnung würde immer noch eine Rohrdeckung von beinahe 2,0 Meter nötig sein.

Die Kräfte, welche angewendet werden müssen, um den Schieberkeil, wenn er geschlossen war, zu öffnen, sollen im folgenden für 6 Atmosphären Betriebsdruck berechnet werden. Der Keil müßte jedenfalls, um den einen Rohrstrang vom anderen wasserdicht zu scheiden, so fest zwischen die beiden Dichtungsringe gezwängt werden, daß der in dem einen Rohrstrang verbleibende Betriebsdruck nach bewirkter Entleerung des anderen Stranges nicht etwa den Schieberkeil nach der Seite des leeren Stranges verschiebt, denn bei der geringsten Verschiebung würde eine wasserdichte Abscheidung aufhören. In Wirklichkeit findet zwar stets eine mehr oder

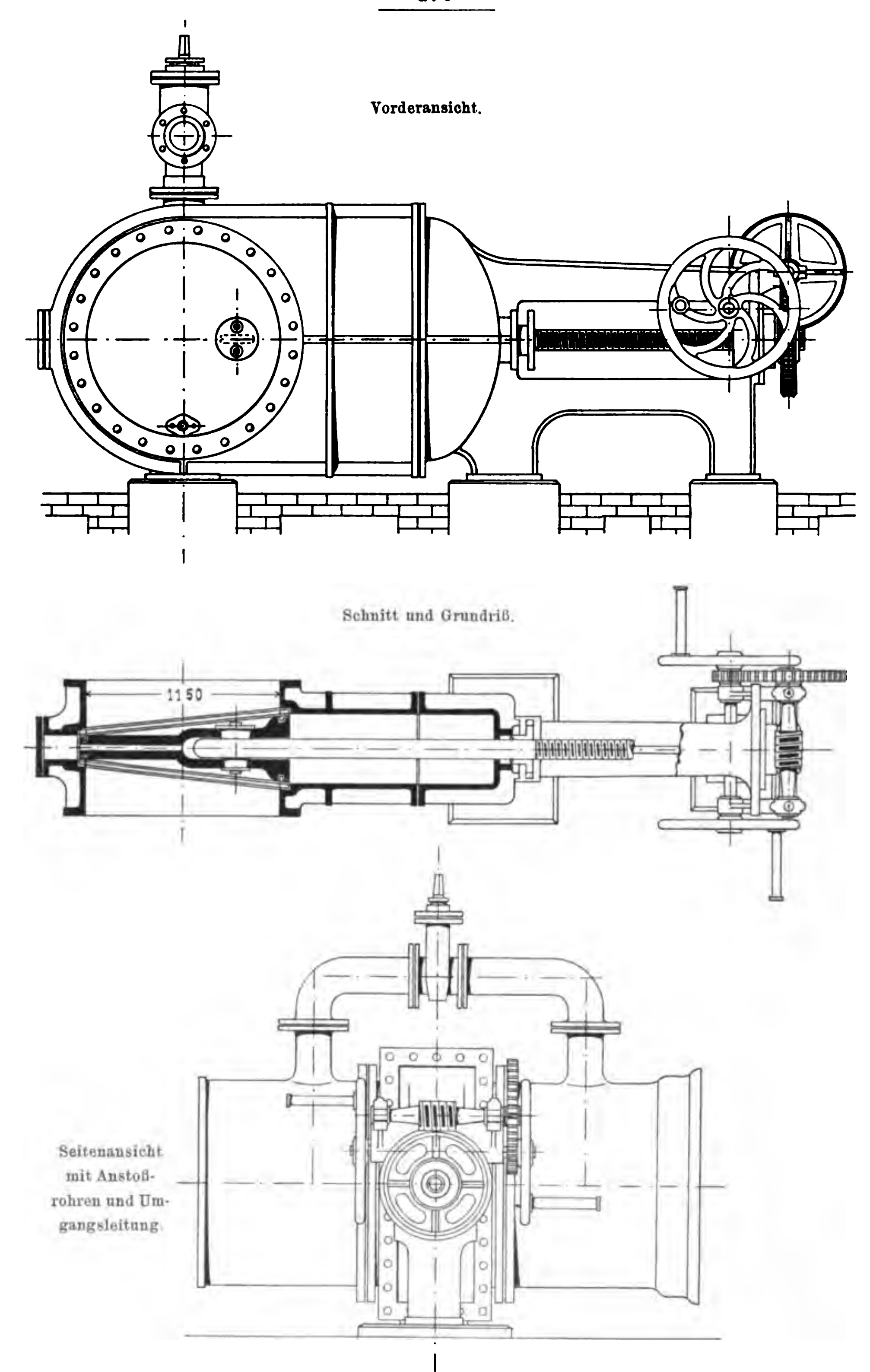


Fig. 265. Horizontal liegender Schieber, 1150 mm lichte Weite, in Rom. Maßstab 1 : 40. (Spataro, Igiene della abitazione II.)

weniger übertriebene Hineinzwängung des Keiles statt, um, besonders bei etwas angegriffenen Schieberflächen, dennoch einen wasserdichten Verschluß herbeizuführen. Doch kann mit diesen Kräften nicht gerechnet werden; es sei daher nur der Flächendruck von 6 Kilogramm-Quadratzentimeter auf den Querschnitt des Rohres von 1150 Millimeter Lichtweite (d. i. auf 10 387 Quadratzentimeter mit rund 62 000 Kilogramm) als verbleibender Ruhedruck auf den Keil betrachtet. Nach Beendigung etwaiger Anschlußarbeiten an dem entleerten Rohrstrang soll der letztere wieder in Betrieb gesetzt werden. Es wird dann bekanntlich zuerst die Umgangsvorrichtung benutzt (in der gezeichneten Figur ein oberhalb des Rohrstranges sitzender gewöhnlicher Absperrschieber von 150 Millimeter Lichtweite), welche den leeren Strang allmählich auf die Betriebsspannung bringt. Hierdurch wird zunächst an dem Hauptschieberkeil keinerlei Entlastung bewirkt, da er ja, wie angenommen war, zwischen den beiden Dichtungsringen mit der dem Betriebsdruck entsprechenden Kraft eingezwängt wurde. Für den ersten Angriff der Schieberspindel auf den Schieberkeil hat diese den Keil unter der Reibung des Belastungsdruckes zunächst einfach zu ziehen; sie kann also auf Zug berechnet werden, falls sie nicht gedreht zu werden braucht, um den Keil zu lüften. Ersteres ist bei der gezeichneten Antriebsvorrichtung der Fall. An den beiden Handrädern bezw. den Kurbelgriffen drehen 2 Mann mittels eines Stirnrädervorgeleges eine Schnecke um, diese dreht das zugehörige Schneckenrad auf der nicht drehbaren Schieberspindel weiter. Der Effekt ist eine in Richtung der Spindelachse sich äußernde Fortbewegung (bei vertikalen Schiebern Heben oder Senken) der Spindel. Bei der gezeichneten liegenden Anordnung des ganzen Schiebers wird sinngemäß aus dem sonst bei vertikalen Schiebern auftretenden Sich „heben“, ein Ausziehen der Spindel aus dem Schiebergehäuse, aus dem Sich „senken“ ein Hineindrücken in das Gehäuse stattfinden. Bei dem angenommenen Flächendruck von 62 000 Kilogramm und einem Reibungskoeffizient von 0,2 ergibt sich eine Spindelzugkraft von $0{,}2 \cdot 62\,000 = 12\,400$ Kilogramm. Dies erfordert bei Bronzespindeln mit 200 Kilogramm-Quadratzentimeter Beanspruchung einen Querschnitt von $12\,400 : 200 = 62$ Quadratzentimeter entsprechend rund 100 Millimeter äußerem Gewindedurchmesser der Spindel. Würde nun der Keil mit sich drehender Spindel, wie gewöhnlich, gelüftet werden, also die Spindel selbst auf Torsion und Zug beansprucht sein, so ergäbe sich eine weit größere Dimension.

Bemerkenswert ist die kleine Baulänge. Bei den normalen Flanschenschiebern beträgt die Baulänge $D + 200$ Millimeter; dies wäre für den vorliegenden Fall $1150 + 200 = 1350$ Millimeter. Es sind hier aber nur 800 Millimeter bei allerdings durch Rippen verstärktem rechteckigen Gehäuse gewählt worden. Bei großen Drücken, etwa über 6 Atmosphären, dürfte diese Querschnittsform sich nicht genügend widerstandsfähig erweisen und wäre dann die ovale oder die zylindrische Form besser. — Daß bei dem gezeichneten Schieber der mehrere Zentner wiegende Keil auf einer horizontalen Bahn schlittenförmig geführt sein muß, ist einleuchtend. Daß sämtliche Betriebsteile außerhalb des Schiebers liegen und gut geschmiert, sowie stets revidiert werden können, ist für die leichte Ingangsetzung von Vorteil. Das gußeiserne Gehäuse mit dem anmontierten Trieblagerbock ruht in dem gemauerten Schacht auf 3 Fundamentklötzen auf. Die beiderseits an dem Absperrschieber angebrachten Anstoßrohre mit Abzweigen für die Umgangsvorrichtung dienen zum Einbau in den Rohrstrang. Erwähnenswert mag noch sein, daß die Schieberspindel den Keil mittels Zapfens in einem Schlitzloch faßt und hin oder her schiebt; die durchbohrte Keilmitte und der Verschlußdeckel gegenüber dieser Durchbohrung bezwecken die bequeme Herausnahme des Keiles und der Spindel bei der Anfertigung in der Fabrik.

Drehschieber (Drosselklappen).

Fig. 266 zeigt einen Drehschieber amerikanischer Konstruktion. Diese im Maschinenbau unter dem Namen Drosselklappe oder Drosselventil bekannte Absperrvorrichtung besteht aus einem meist gußeisernen Gehäuse, innen zylindrisch ganz hohl, ohne nennenswerte Vorsprünge, daher für Wasserleitungen besonders geeignet. Für den Einbau in Rohrstränge kann das Gehäuse wie gezeichnet beiderseits mit Muffen, oder mit Flanschen, versehen sein. Gegenüber den normalen Absperrschiebern hat der Drehschieber nur den einzigen Nachteil, daß bei geöffnetem Schieber der volle lichte Rohrquerschnitt nicht frei ist, sondern durch die eingebaute, um eine Achse drehbare und auf dieser mit Stiften befestigte kreisrunde tellerförmige Platte (die Klappe) verlegt, d. h. eigentlich in 2 Teile gespalten wird. Es hat dieser Umstand jedoch keine große Bedeutung. Im normalen Betriebe, also bei geöffneter, in der Achsenrichtung des Rohrstranges liegender Klappe, wird der Durchflußquerschnitt nicht verengt, da infolge der Ausbauchung des Gehäuses an dieser Stelle mehr an Querschnittsfläche gewonnen als durch die Klappe vom Rohrquerschnitt weggenommen wird. Es kommt also nur der Druckverlust für Erzeugung und Unterhaltung der Wirbel in Betracht. In Ausnahmefällen (bei Rohrreinigungen etc., wo etwa Bürsten, Kratzer oder selbst Menschen durch den Strang schlüpfen sollen) kann die den Weg versperrende Klappe nach Wegnahme des Verschlußdeckels durch die Deckelöffnung ausgebaut werden. Vorher sind natürlich die Befestigungsstifte von der Achse zu entfernen; dann ist die Achse seitlich herauszu-

ziehen. — Ein Vorzug, der diesem Drehschieber besonders bei großen Kalibern (etwa von 400 Millimeter an) und bei großen Pressungen (etwa von 6 Atmosphären an) innewohnt, ist der, daß er sich nicht in die Höhe baut, also keine tiefen Schächte erfordert, daß er einen fast zylindrischen Hohlkörper bildet, der nur durch den rechteckigen Verschlußkasten unterbrochen ist, und daher großen inneren Pressungen widersteht; ferner daß er keinen belangreichen Widerstand gegen Öffnen oder Schließen leistet, weil die Pressungen auf die um ihre Mitte bewegliche Klappe sich zu beiden Seiten der Achse in der Querrichtung des Rohres nahezu aufheben.

Bei den gewöhnlichen Absperrschiebern mit Verschlußkeil beträgt z. B. der auf dem Keil lastende Wasserdruck analog dem bei Fig. 265 gerechneten Fall bei 400 Millimeter Lichtweite und 6 Atmosphären Pressung einerseits: 1257 Quadratzentimeter $\times$ 6 Kilogramm-Quadratzentimeter = rd. 7500 Kilogramm, welcher Druck auf den metallenen Dichtungskeilflächen einen Reibungswiderstand gegen Bewegung des Keils von 20 Prozent, das ist 1500 Kilogramm, erzeugt. Nicht berücksichtigt ist hierbei die Zwängung des Schieberkeils in seinen beiden Keildichtungen, da bei dem Drehschieber die eigentliche Abdichtung auch nur mittels entsprechenden Einzwängens der Klappe in den sie umgebenden kreisrunden Dichtungswulst, der in der Gehäusewand eingefalzt liegt, erreicht werden kann. Allein bei der Bewegung der Klappe ist nur dieser Zwängwiderstand und nicht auch ein hydraulischer Reibungswiderstand zu überwinden. Das Gestänge, mit welchem der Drehschieber bewegt wird, ist daher viel weniger Verbiegungen, Verwindungen oder Brüchen ausgesetzt.

Die gezeichnete Schneckenradübersetzung ist eine alte langbewährte Vorrichtung zur Bewegung der Klappe; die Welle an der Schnecke ist bis zur Erdoberfläche verlängert zu denken, wie etwa bei den gewöhnlichen Absperrschiebern. Das Schneckenradsegment ($^1/_4$ Kreisbogen, weil eine Drehung von 90 Grad die vollständige Öffnung des geschlossenen Drehschiebers bewirkt) ist in der Zeichnung mittels Keiles auf der Schieberachse befestigt. Diese Befestigungsart kann durch eine andere einfachere ersetzt werden, welche den Vorteil bietet, daß etwa infolge eines Hindernisses im Inneren bei gewaltsamem Drehen an der Schneckenwelle (dem Schiebergestänge) einer allenfallsigen Zerstörung des Drehschiebers vorgebeugt wird. Es kann das Segment ähnlich wie die Klappe mittels Stahldornes auf der Welle verstiftet werden, wie oben bei den Schleusen

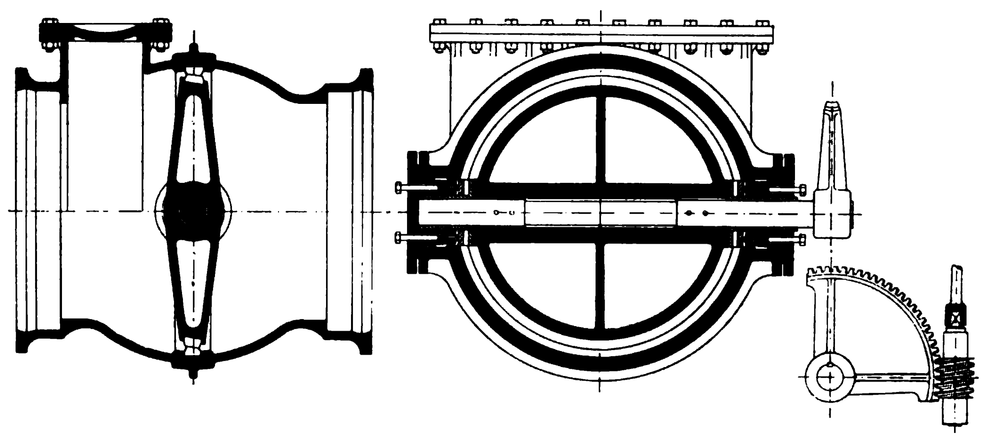


Fig. 266. Längsschnitt Querschnitt Schneckenantrieb eines Drehschiebers (Drosselklappe) amerikanischer Bauart, 1150 mm lichte Weite. Maßstab 1 : 40.

erläutert wurde. Die Stifte im Inneren sind dagegen von Kupfer oder Messing angefertigt, damit sie nicht rosten. Der Stahldorn, ein konischer Stahlstift von etwa $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Wellendicke, wird bei gewaltsamer Drehung abgeschert und weitere Zerstörung verhütet. Es kann dann nach dem Hindernis gesucht werden und ein neuer Stahlstift ist bald wieder beschafft.

Mittels der aus der Zeichnung ersichtlichen Gummidichtung kann ein stets gleichbleibender dichter Abschluß erzielt werden. Die sonst bei Drosselklappen empfindlichen Stellen gegenüber dem Dichthalten um die drehbare Achse herum, weil dieser Teil der Klappe eine Kugelform erhält, da er als zylindrischer Körper sich nicht quer zu dem zylindrischen Gehäusering drehen könnte, sind bei den Drehschiebern durch beiderseits angeordnete Ringe mit Gummidichtung versehen, welche mittels je zweier Druckschrauben so an die Klappe gepreßt werden, daß diese Stellen ebenfalls abdichten. Die theoretisch nötigen Kalotten sind hier am Gehäuse durch Metallgrundringe ersetzt, welche stopfbüchsenartig im Gehäuse eingebaut werden, während an der Klappe Metallhülsen mit Stoßscheiben über die Achse gestreift sind. Zwischen jenen Grundringen und den Stoßscheiben

befindet sich die gespannte weiche Gummidichtung, welche bei der Drehung der Klappe die Veränderung der Zylinderform in der Schlußstellung, zur Kugelform in der offenen Stellung in sich aufnimmt.

Es könnte den Anschein erwecken, als sei für die Bewegung des Drehschiebers wegen der ausgeglichenen Belastung keine mechanische Kraftübersetzung nötig, als könnte die Klappe mit einem einfachen Hebel an der Achse direkt auf und zu gemacht werden. Abgesehen von der doch einigermaßen starken Zwängung der Klappe in dem Gehäusering könnte dies auch geschehen; aber man bedenke, welche Folgen ein so leichtes, daher rasches Öffnen und Schließen eines Schiebers von diesen Dimensionen (400 Millimeter und mehr) im Wasserleitungsbetrieb haben müßte. Daher die vorgesehene Einrichtung mit der langsam wirkenden Schnecke. Es wurde weiter oben bereits gesagt, daß die Pressungen bei geschlossenem Schieber sich oberhalb und unterhalb der Drehachse nahezu aufheben, weil die z. B. auf die obere Klappenhälfte auf Schluß hinwirkende Wasserpressung gleichzeitig bei der unteren Klappenhälfte auf Öffnung wirkt. Infolge dieses ausgleichenden Drehmomentes ist eben der Schieber sehr leicht zu bewegen. — Bei genauem Zusehen findet sich indessen aus dem Längsschnitt, daß die Klappe zwei nicht ganz gleiche Halbkreishälften dem Wasserstrom zukehrt. Die obere Hälfte, auf der Deckelseite, nähert sich infolge der Abschrägung für die Dichtungsringe oben mehr dem zylindrischen Gehäuse, als es auf derselben Wasserseite die untere Klappenhälfte tut. Die Folge hiervon ist, daß die obere Hälfte einen nicht unwesentlichen Flächenüberschuß über die untere Hälfte erhält, daher bei einigermaßen schneller Wasserströmung in der Nähe der Schlußstellung diese Drehschieber die Neigung haben, selbst zu schließen. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man die Schnecke außer Eingriff bringt und die Klappe sich selbst überläßt; sie wird vom Wasserstrome mit heftigem Schlag zugedrückt. Schon aus diesem Grunde ist der hemmende Schneckenantrieb unbedingte Notwendigkeit.

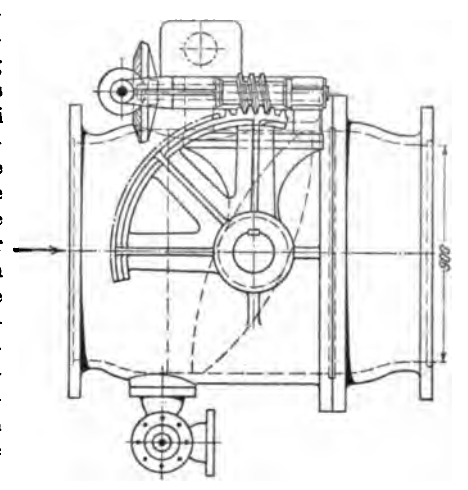


Fig. 267. Drosselklappe für 30 Atmosphären Betriebsdruck im Wasserkraftwerk Luzern-Engelberg. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1520.)

In Amerika sind bei den großen Wasserleitungen diese Drehschieber von 500 bis 1200 Millimeter Lichtweite vielfach im Gebrauch, wie in [11] berichtet wird. In Europa kommen die Drehschieber wegen ihrer leichten Beweglichkeit und Handlichkeit in Lichtweiten bis zu 2000 Millimeter und mehr vor, hauptsächlich bei den mit Wasserkraft betriebenen neueren großen Elektrizitätswerken, woselbst sie in die oft recht ansehnlichen Triebwasserzuleitungen unmittelbar vor den Turbinen eingebaut sind und die Drehklappen von den Regulatoren zur Erreichung einer bestimmten Wassermenge bezw. Turbinengeschwindigkeit auf mehr oder weniger komplizierte Art bewegt werden. Um bei diesen großen Leitungen schädliche Stöße zu vermeiden, öffnet sich automatisch vor völligem Schluß der Klappe ein direkt vorher angeschlossener Entleerungsschieber, der die gehemmte Wassermenge ins Freie ausströmen läßt. Fig. 267 zeigt eine derartige Drosselklappe für 30 Atmosphären Betriebsdruck.

Literatur

über Absperrschieber.

[1] Mittag, Absperrschieber. Praktische Maschinenkonstrukt. Bd. 16 (1883), S. 130. — [2] Schneider, Über die Armstrongschieber der Wiener Hochquellenwasserleitung. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 74. — [3] Schieber mit zweiteiliger Abschlußwand, von welcher jeder Teil getrennt für sich horizontal ausziehbar ist. Engineering. Bd. 53 (1890), S. 35. — [4] Schieber von C. L. Roland, Brooklyn. Engineering. Bd. 56 (1893), S. 32. — [5] Wasserleitungsabsperrschieber mit Kontroll- und Reinigungsvorrichtung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 350. — [6] Wasserschieber für weite Hochdruckleitungsrohre des Manchester Wasserwerkes. Prakt. Maschinenkonstrukt. 1893, S. 25. — [7] Absperrschieber Lethuillier & Pinel. Rev. ind. 1894, S. 1. — [8] Double faced slide valve constructed to bear heavy pressure on either side. Kennedy Valve Manuf. Co. New York. Engineering Rec. Bd. 33 (1896), S. 194. — [9] High pressure gate valves, Walworth Manuf. Co. Boston. Iron Age. Bd. 57 (1896), S. 645. — [10] Lunkenheimer Co. Cincinnati, clip gate valve. Iron Age. Bd. 60 (1897), S. 17. — [11] Viney, F., Absperrschieber für Wasserleitungen. Eng. News. 1898, 8. September. — [12] Hochdruck-Wasserschieber. Eng. News. 1898, S. 210. — [13] Ein 1524millimetriger Wasserschieber. Eng. News. Dezember 1898, S. 420.

— [14] The Darling gate valve. Iron Age. April 1901, S. 5. — [15] Schieber mit Umgang von Lunkenheimer. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 793. — [16] Mitteilungen über den jetzigen Stand der Konstruktionen von Armaturen für Wasserleitungen. Reuther. Ebenda 1901, S. 357. — [17] Missong-Schieber mit einseitig rechtwinkliger Abschlußfläche. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 499. — [18] Abschlüsse von Turbinenleitungen. Ebenda 1907, S. 631.

Deutsche Reichspatente
für Absperrschieber.

Nr. 515. Abschlußschieber für Rohrleitungen. Dennis. — Nr. 4335. Absperrschieber. Ratheke. — Nr. 5356. Durchgangsschieber. Schmidt. — Nr. 15 081. Neuerungen an entlasteten Wasserschiebern. Röstel & Mühle. — Nr. 17 084. Schieber für Rohrleitungen. Heinecke. — Nr. 30 444. Reinigungsvorrichtung und Kontrolle an Absperrschiebern. Wingen. — Nr. 35 046. Abschlußschieber, gekennzeichnet durch eine in das Schiebergehäuse eingesetzte Hülse, welche vermittels zweier Exzenter bewegt werden kann und dabei eine Schieberplatte gegen einen Gummiring andrückt. Reuß. — Nr. 51 237. Einrichtung, um bei Wasserschiebern Schlammansammlungen zu verhüten oder zu entfernen. Koch, Bantelmann & Paasch. — Nr. 51 561. Neuerung am Patent Nr. 30 444. Wingen. — Nr. 61 000. Absperrschieber. Storch. — Nr. 61 834. Absperrschieber mit Anpressung durch Keil und zwischengelegte Rollen oder Kugeln. Ross-Valve-Company in Troy, New York. — Nr. 62 952. Absperrschieber mit Durchbrechungen für allmählichen Schluß. Forchheimer. — Nr. 63 065. Absperrschieber. Weickam. — Nr. 63 501. Absperrschieber. Schönwälder. — Nr. 72 405. Absperrschieber. Ogden. — Nr. 77 961. Absperrschieber. Hanner. — Nr. 78 209. Absperrschieber. Brooks. — Nr. 78 439. Absperrschieber. Tillmann. — Nr. 79 167. Absperrschieber. Lunken. — Nr. 81 357. Absperrschieber. Nacke. — Nr. 84 636. Zusatz zu 81 357. Absperrschieber. Nacke. — Nr. 86 425. Absperrschieber. Bornemann. — Nr. 90 015. Absperrschieber. Nacke. — Nr. 94 536. Schieber mit wälzendem Verschlußstück. Berlin-Anhalter Maschinenbau-Aktiengesellschaft. — Nr. 114 725. Absperrschieber. Grimault. — Nr. 120 497. Absperrschieber. Wehner, Maltner & Bansen. — Nr. 121 089. Absperrschieber. Hartmann. — Nr. 122 431. Absperrschieber. Powell. — Nr. 123 645. Absperrschieber. Seiffert & Co. — Nr. 125 908, 128 193. Rohrförmiger Abschlußschieber. — Nr. 126 783. Zusatz zu 122 431. Absperrschieber. Powell. — Nr. 128 688. Zusatz zu 123 645. Absperrschieber. Seiffert. — Nr. 130 813. Vorrichtung zum Absperren von Wasserleitungen. Weiß. — Nr. 130 905. Absperrschieber. Berlin-Anhalter Maschinenbau-A.G. — Nr. 139 137. Absperrschieber von Hopkins. — Nr. 172 899. Absperrschieber für vollen freien Durchgang. Alexanderwerk von Nahmer.

c) **Ventile.**

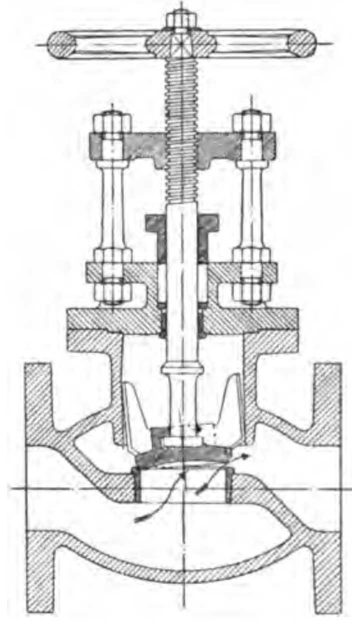
Dem gleichen Zwecke der Absperrung von Leitungen dienend wie die Schieber, aber von grundsätzlich verschiedener Anordnung des absperrenden Teiles, sind die Ventile eigentlich mehr für gasförmige als für tropfbare Flüssigkeiten bestimmt. Bei den Schiebern gestattet der hochgezogene Keil einen freien Durchgang durch das ganze lichte Profil der Leitung; auch wenn Fremdkörper von ansehnlichem Umfang durch die Röhren zutreiben, läßt sie der Schieber ungehindert passieren. Bei einem Ventil tritt dagegen sowohl eine Änderung des Durchflußquerschnittes als auch der Durchflußrichtung ein. In der Regel ist der absperrende Teil eines Ventils eine Art Deckel, der sich nur in vertikaler Richtung bezw. in Richtung der Spindelachse mit relativ geringer Steighöhe ($=\frac{1}{4}D$) bewegt; das ganz geöffnete Ventil läßt also den senkrecht zur Spindelachse zufließenden Strom nur in einem Ringquerschnitt mit sehr beträchtlicher Ablenkung unter dem gehobenen Teller durch. Bei jedem derartigen Ventil versucht der Wasserdruck den Teller einseitig zu heben (vgl. Fig. 268) und es bedarf einer vorzüglichen Führung des Tellers, um dies zu hindern. Es besteht somit nicht die Möglichkeit, Fremdkörper von einiger Größe durch ein Ventil zu treiben, weshalb ihre Verwendung in Hauptzuleitungen oder in einem Straßenrohrnetz bedenklich wäre. Sie finden daher auch meist nur als Luftauslaß bei diesen Leitungen Anwendung. Nur die Hydranten machen eine Ausnahme, worüber später das Nähere gesagt wird.

Bei allen Ventilen läßt sich der Ventilkegel (Teller, Platte) in Richtung der Spindelachse auf einen Sitz, den Ventilsitz, pressen, welcher mindestens die gleiche

Lichtweite wie das Rohr haben soll und für die abdichtende Kreisringfläche so viel an Materialbreite aufweist, als die entsprechende, den verschiedenen Zwecken jeweils angepaßte Ventiltellerfläche benötigt. Es gibt Ventile mit schmaler, mit breiter, mit ebener, mit kegelförmiger und mit kugeliger (balliger) Sitzfläche und der Sitzfläche entsprechendem Teller.

Eine Abart der Ventile sind die Rohrventile oder Laternenventile; diese haben keinen eigentlichen Sitz und Kegel, sondern sind aus zwei ineinander steckenden Rohren gebildet, von denen das eine mit laternenartigen Löchern oder Schlitzen versehen ist und sich mit diesen Öffnungen in der umgebenden Hülse verschieben läßt, bis die Öffnungen über den Rand der Hülse treten und Flüssigkeit von einem Raum in den anderen strömen lassen. Auch haben bisweilen beide Rohrstücke Schlitze.

Bei den Ventilen ist Regel, daß die Gewindespindel, welche die Auf- und Abbewegung des Kegels veranlaßt, sichtbar steigt oder sinkt; es ist daher der Gebrauch eines Ventils einfacher als der eines Schiebers mit nicht steigender Spindel. Da es im Maschinenbau üblich ist, „rechtes" Gewinde zu schneiden, so wird ein jedes normale Ventil geschlossen beim Drehen der Spindel im Sinne des Uhrzeigers. Ausnahmen bilden die Anordnungen, wo das Ventil die Ventilspindel nach unten trägt, z. B. bei hoch liegenden Leitungen, welche von unten bedient werden müssen. Hier kann nur die Beachtung der auf das Ventilhandrad aufgegossenen von unten deutlich sichtbaren Drehrichtungspfeile vor Irrtum in der Bedienung schützen. Eine weitere Ausnahme bilden die mit Ventilen versehenen Hydranten, welche mit anders schließenden Schiebern im Rohrnetz zusammen im Betrieb sind.


Fig. 268. Durchgangsventil im Betrieb.

Je nach der Richtung, welche der durchfließende Strom diesseits und jenseits des Ventils hat, nimmt man bei geradlinigem Durchfluß „Durchgangsventile", bei um 90 Grad versetztem Durchfluß „Eckventile". Mit Kugelventilen, d. h. mit solchen, deren Gehäuse kugelig und geteilt sind, lassen sich beliebige Richtungen der beiden Zweige bilden. Es gibt ferner Dreiwegventile, welche einen ankommenden Strom nach 2 verschiedenen Richtungen leiten. Doppelsitzventile oder Glockenventile sind solche, welche aus zwei Ventilkegeln mit zugehörigen Sitzen gebildet sind und von welchen der eine Kegel nur um sehr weniges im Durchmesser vom anderen verschieden ist; infolgedessen lastet der Flüssigkeitsdruck auf der kleineren Innenseite und auf der größeren Außenseite oder umgekehrt, und es kommt nur die jeweilige Mehrfläche des größeren der beiden Kegel für die Belastung zur Wirkung.

Für die Bedienung der Ventilstopfbüchsen, welche die nach außen führenden Ventilspindeln abdichten und hie und da mit neuer Packung versehen werden müssen, ist es zweckmäßig, den Wassereintritt stets u n t e r das Ventil, wie Fig. 268 zeigt, nicht a u f das Ventil, zu leiten, weil dadurch die Möglichkeit geboten ist, die Stopfbüchse bei geschlossenem Ventil während des Betriebes der angeschlossenen Zuleitung frisch zu verpacken. Würde die Leitung über das Ventil (von oben) erfolgen, so könnte die Stopfbüchse nicht geöffnet werden.

Ablaß- und Absperrventile. In Reservoiren mit vertikal nach abwärts gerichtetem Ablauf werden Ablaßventile nach Fig. 269 u. 270 eingebaut. Ersteres Ventil wird ganz in die Reservoirsohle eingelassen, so daß alle Unreinigkeiten und auch das letzte Spülwasser beim Reinigen

des Reservoires durch die trichterförmig vertiefte Sitzöffnung abgeführt wird. Das andere Ventil ist in einen kleinen Sumpf einzubetten, welcher nach beendigter Reinigung ausgeschöpft und womöglich mit Tüchern ausgetrocknet werden muß. Die Ventil- und Sitzkörper sind von Gußeisen, die Dichtungsflächen bei Fig. 269 von eingelegten Rotgußringen. Ventilspindeln und Muttern, die Führungsbüchsen und die Mitnehmerbüchsen samt Bolzen sind von Rotguß. Die unterste Spindelmutter ist mit einem Kupfer- oder Rotgußstift gegen Lockerung gesichert; es ist dies unerläßlich, da bei häufigem Gebrauch ein Aufdrehen und Herabfallen dieser Mutter vorkommen und das Öffnen des Ablaßventils gänzlich vereiteln kann. Bei Lichtweiten bis 400 Millimeter empfiehlt es sich, für Fig. 270 auch die Ventil- und Sitzkörper ganz von Rotguß zu erstellen, da die Dichtungsflächen dann nicht vom Wasser angegriffen werden. In der Mitnehmerbüchse bei *M* ist die Schraubenspindel drehbar und der Bund hebt die Büchse samt Ventil empor, so daß letzteres nur vertikale, keine drehende Bewegungen auszuführen hat. Die Schraubenspindel

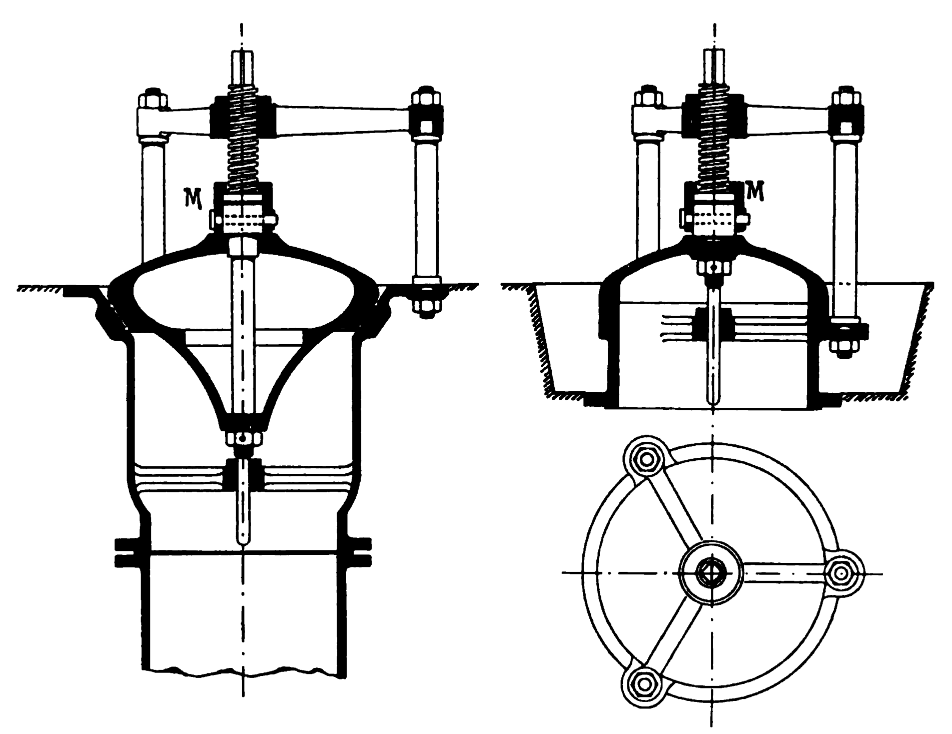


Fig. 269. Ablaßventil 250 mm lichter Weite aus Gußeisen mit eingelegten Bronzedichtungsringen. Maßstab 1 : 10.

Fig. 270. Ablaßventil 250 mm lichter Weite ganz aus Bronze. Maßstab 1 : 10.

erhält oben eine Verlängerung mit Gestänge bis zu einem über Wasserspiegel liegenden Podest, um von dort aus das Ventil öffnen zu können. Soll das Ventil bei Reservoirreinigungen auch von innen, vom Standort des Ventils aus geöffnet werden, so genügt das Ansetzen eines englischen Schraubenschlüssels am Gestänge, um dieses zu drehen. Bei den eisernen Gestängen, die durch den stetig wechselnden Wasserstand eines Reservoirs dem Rosten besonders stark unterliegen, zeigen sich im Verlauf von 5 bis 10 Jahren häufig Blasen, bei deren Zerdrücken eine rostrote Flüssigkeit zum Ausfluß kommt. Die Blasen haben bisweilen eine Länge und Breite von 10 bis 30 Millimeter und eine Höhe von 3 bis 5 Millimeter; auf die gleiche Tiefe bis zu 5 Millimeter gehen auch die Ausfressungen im Gestänge, die unter der Blase mit Rostflüssigkeit gefüllt sind. Dieser Umstand ist bei Dimensionierung des Gestänges zu beachten, da der Torsionswiderstand desselben durch die Narben wesentlich vermindert wird. Auch bei kleinen Ventilen soll das Gestänge nicht unter 30 Millimeter Durchmesser erhalten. Siehe hierüber das bei den Schleusen, Fig. 238, Gesagte.

Fig. 271 zeigt das Absperrventil D. R.-P. 127 455 (Thompson). Entgegen den gewöhnlichen Absperrventilen, bei welchen die Spindel mit dem Ventilteller beim Öffnen sich in die Höhe hebt, senkt sich bei diesem Ventil der Teller oder Kegel abwärts. Es hätte dies bei der üblichen Drehrichtung (im Uhrzeigersinne schließen!) verhängnisvolle Folgen, wenn nicht durch Linksgewinde an der Ventilspindel dafür gesorgt würde, daß auch dieses Ventil bei der gleichen Drehrichtung sich schließt. Die mit dem Handrad sichtbar steigende und sinkende Spindel *D* wird

aber trotzdem auf Entfernungen hin zu Irrtümern verleiten. Im übrigen hat die Anordnung den Vorteil, daß der Ventilsitz samt Kegel und Spindel durch die untere Öffnung ein- und ausgebaut werden kann, auch während das Ventil in der selbstverständlich leeren Leitung sich befindet. Es muß jedoch dringend widerraten werden, solche Ventile in bestehenden Leitungsanlagen mit normalen Ventilen oder Schiebern gemeinsam zu verwenden.

Fig. 272 stellt ein Hoch- und Niederdruckventil für Hydrantleitungen dar. In großen und wertvollen Gebäuden derjenigen Städte, welche über getrennte Wasserleitungszonen verfügen,

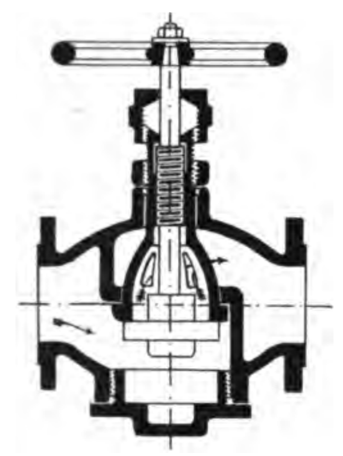


Fig. 271. Absperrventil Thompson.

Fig. 271—275. Ventile für verschiedene Verwendungszwecke.

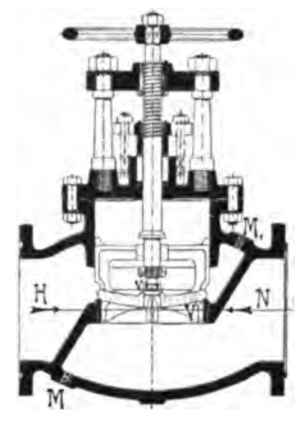
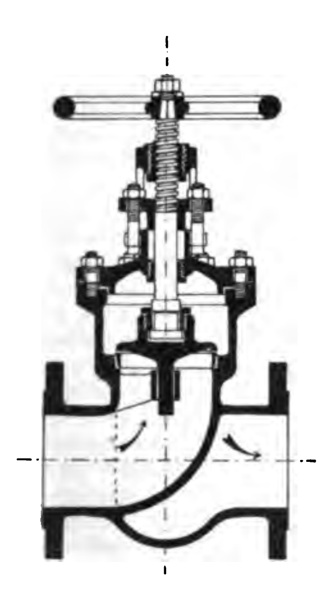


Fig. 272. Absperrventil für Hoch- und Niederdruck.



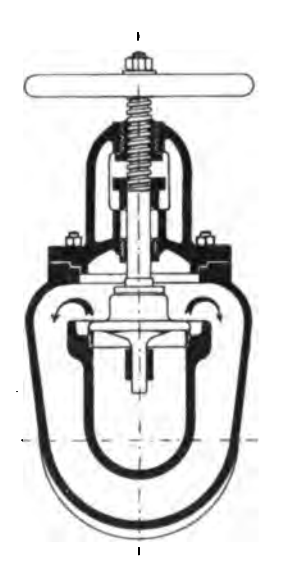


Fig. 273. Längsschnitt Fig. 274. Querschnitt eines Absperrventils, Patent Dehne.



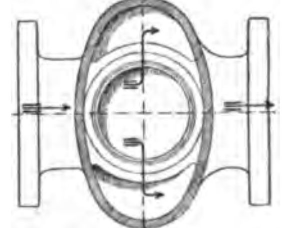


Fig. 275. Dehnes Rückschlagventil.

pflegt man für Brandfälle 2 Leitungen einzuführen: die eine mit Niederdruck, die auch dem gewöhnlichen Betriebe dient, die andere mit Hochdruck, ausschließlich für Feuerlöschzwecke. Zur Trennung der beiden Leitungen wird an einer geeigneten Stelle statt Absperrschiebers behufs schnelleren Öffnens ein Ventil nach Fig. 272 eingeschaltet, dessen Handrad in der Regel plombiert wird, um mißbräuchliche Anwendung zu verhindern. Da das Ventil, wenn der Hochdruck von links bei *H* wirkt, nicht ohne große Kraftanstrengung geöffnet werden kann, weil auf der ganzen Ventilfläche die Differenz der beiden Drücke lastet, so ist der große Ventilkegel *V* in der

Mitte mit einem kleinen Kegel v durchbrochen, welcher sich beim ersten Drehen der Ventilspindel zunächst öffnet, einen Druckausgleich herbeiführt und erst beim Weiterdrehen mittels eines Stellringes das größere Ventil mit in die Höhe nimmt. Bei $M_{,}$ und M sind Manometer zur Beobachtung der beiden Drücke angebracht. Die bei N anschließende Niederdruckleitung ist außerhalb des Gebäudes durch eine Rückschlagklappe automatisch gesperrt.

Das in Fig. 273 dargestellte Absperrventil, D. R.-P. Nr. 133 859 (Dehne), als Durchgangsventil und auch als Eckventil ausführbar, hat einen Ventilkegel mit tellerförmiger Sitzfläche und oberer und unterer Führung. Hierdurch sind Klemmungen des Kegels ausgeschlossen. Auch sind durch den Fortfall der Ventilkegelrippen schädliche Wirbel der durchströmenden Flüssigkeit vermieden. Dadurch, daß das Gewinde der Ventilspindel an das äußerste Ende des Gehäusedeckels gelegt ist, wird, vorausgesetzt, daß die Flüssigkeit nur von der unteren Ventilseite zuströmt, auf der anderen Seite aber kein Druck herrscht, ein Verpacken der Stopfbüchse während des Betriebes ermöglicht; ein Vorzug, der in Bädern, Wäschereien u. dgl. sehr willkommen ist. Befindet sich jedoch das Spindelgewinde im Innern des Gehäusedeckels, so werden bisweilen beim Verpacken der Stopfbüchse Packungsfäden ins Innere gelangen und dadurch die Gewindegänge verstopfen. (Vgl. Fig. 271.) Bekanntlich werden Stopfbüchsen erst dann frisch verpackt, wenn sie rinnen. Sie rinnen meistens deshalb, weil bei häufigem Gebrauch die Ventilspindel in der Stopfbüchsengarnitur (das sind die Metallbestandteile einer Stopfbüchse) locker wird, indem sich von den umschließenden Ringflächen allmählich Metall abreibt. Der entstandene Spielraum füllt sich beim Nachziehen (Mehrzusammenpressen) der Packung mit einzelnen Fäden des Packungsstoffes (Hanf, Baumwollefasern, Kautschuk u. dgl.) und gelangt bei wiederholtem Drehen der Spindel auch in das Gewinde. Dieser Übelstand fällt bei Ventilen mit außenliegendem Gewinde fort. Daß außenliegendes Gewinde den nicht zu unterschätzenden Vorteil gewährt, während des Betriebes geschmiert und gereinigt, also gangfähig erhalten zu werden, sei hier erwähnt.

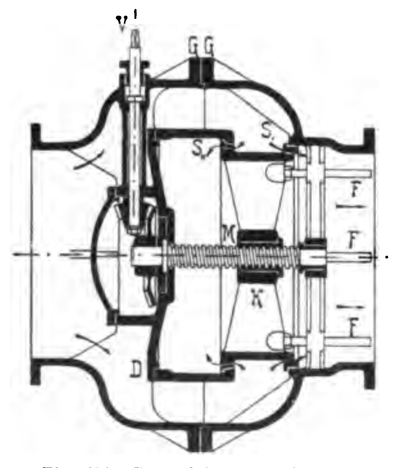


Fig. 276. Doppelsitzventil für große Lichtweiten (Rohrventil).

Im Querschnitt Fig. 274 ist durch die Pfeile angedeutet, wie der Flüssigkeitsstrom nach dem Passieren des Ventilkegels sich in zwei Arme teilen muß, um seitlich an dem Eintrittsstutzen vorbei zum Austritt zu gelangen. Dadurch werden keine seitlichen Strömungen auf das Ventil wirksam und ein Klemmen des Kegels vermieden. Es erhellt aus dieser Anordnung, daß derlei Ventile nur für reine Flüssigkeiten zu verwenden sind, welche keine Fremdkörper mit sich führen, da sonst die seitlichen Gänge wegen des kleinen Querschnittes sich verstopfen würden. Die Fig. 275 zeigt das Dehnesche Ventil als selbsttätiges Rückschlagventil.

Fig. 276 zeigt einen Ringschieber (nach Bechmann, Doppelsitzventil). Bei den vorhin beschriebenen Absperrventilen lastet im geschlossenen Zustande der Flüssigkeitsdruck auf der ganzen Ventiltellerfläche; dies führt bei großen Rohrlichtweiten zu Pressungen, welche ein Bewegen des Ventils in der Nähe des Ventilschlusses sehr erschweren. Um diesem Übelstand zu begegnen, bietet das gezeichnete Ringventil dem Flüssigkeitsstrome nicht eine ebene Ventiltellerfläche, sondern zwei Ventilringflächen dar. Auf der Eintrittsseite bei $S_{,}$ ist ein Ventilsitzring in die mitten zusammengeschraubte Gehäusehälfte G eingesetzt; in die andere Gehäusehälfte ist nahe davon ein zweiter Ventilsitzring $S_{,,}$ eingefügt, der aber den ersteren im Durchmesser um ein gewisses geringes Maß übertrifft. Bei abgenommenem Deckel D kann nun von der Eintrittsseite her ein Ringventil K (Rohrventil) durch den Sitz $S_{,,}$ hindurchgeschoben werden bis es mit seinen beiden kegelförmigen Flächen auf den Sitzen $S_{,}$ und $S_{,,}$ dichtet. Da zwei Ventilflächen für den Durchgang der Flüssigkeit geöffnet werden können, wird die für eine erforderliche Durchflußmenge nötige Ventilerhebung auf die Hälfte derjenigen eines einfachen Ventiles beschränkt.

Diese „Doppelsitzventile" (auch „Rohrventile" genannt) haben den Vorzug sehr leichter Beweglichkeit, da der Flüssigkeitsdruck hier nur auf einer relativ kleinen Ringfläche lastet, und zwar von FF her auf der Differenz zwischen der äußeren Kegelfläche des Sitzes $S_{,,}$ und der äußeren Kegelfläche des Sitzes $S_{,}$. Beispielsweise würde für eine Rohrweite von 1000 Millimeter der Flüssigkeitsdruck bei nur 1 Atmosphäre Pressung auf einer vollen Ventiltellerfläche 7854 Kilogramm betragen, wenn der dem Drucke ausgesetzte Durchmesser gleich der Rohrlichtweite ist und demnach 7854 Quadratzentimeter Fläche darbietet. Hingegen hat das gezeichnete Ringventil, bei gleichem Durchmesser des kleinen Kegelsitzes und einer Wandstärke des Rohrventils gleich der normalen Rohrwand $\delta = 24$ Millimeter, einen Druck auf diese Ringfläche auszuhalten von

$\frac{\pi}{4} \cdot 100^2 - \frac{\pi}{4} (100 - 2 \,.\, 2{,}4)^2 = 736$ Kilogramm. Auf der Ringfläche des entgegengesetzten Dichtungskegels lastet jedoch derselbe Flüssigkeitsdruck in einer der vorigen entgegenstehenden Richtung. Die Wandstärke des größeren Ringes betrage $2\,\delta$ = der doppelten Rohrwand = 48 Millimeter; dann ist der große Durchmesser dieses Ringes 1048 Millimeter, der kleine Durchmesser wiederum wie oben 952 Millimeter, daher die Ringfläche $\frac{\pi}{4}\, 104{,}8^2 - \frac{\pi}{4}\, 95{,}2^2 = 1504$ Quadratzentimeter. Der Druck auf diese Fläche wird deshalb = 1504 Kilogramm. Es stehen sich nun die beiden Druckkräfte entgegen; mit 1504 Kilogramm wird das Ventil in die Sitze hineingepreßt, mit 736 Kilogramm wird es aus den Sitzen herausgedrückt; es verbleibt also eine Differenz von 768 Kilogramm, mit welcher Kraft das Ventil in den Sitzen festgehalten wird; man sieht, daß es gegenüber einem vollen Tellerventil nicht der zehnte Teil des Flächendruckes ist. In der Richtung des Flüssigkeitsstromes lastet kein Flüssigkeitsdruck auf dem Ventil im geschlossenen Zustande, da eine Angriffsfläche fehlt, auf welche er wirken könnte. Die Dichtung muß in diesem Falle lediglich durch Kraftschluß mittels der Schraubenspindel geschehen, welche durch eine Winkelradübersetzung von der Antriebspindel mit dem Vierkant V auf die bekannte Weise bewegt wird. Der Ventilkegel K ist mittels einiger Führungen F an der Drehung verhindert, da er bei sich drehender Spindel die feste Schraubenmutter M umschließt, die an der Drehung bekanntlich nicht teilnehmen darf, wenn sie sich längs der Schraube bewegen soll. Die Sitzringe $S_{,}$ und $S_{,,}$ werden aus Rotguß angefertigt, um ein Verrosten zu vermeiden; bei kleineren Ausführungen ist wohl auch der ganze Ventilkegel K aus Rotguß. Das Gehäuse ist bei GG zentriert ineinander gepaßt, damit die beiden Sitze $S_{,}$ und $S_{,,}$ eine gemeinschaftliche geometrische Achse erhalten. Dies ist für leichten Ventilgang wichtig.

Verwendung finden derlei Ringschieber am zweckmäßigsten bei Grundablässen, und zwar in der Weise, daß der Flüssigkeitsspiegel des Reservoirs auf der Seite des Deckels D sich befindet und das ganze Gehäuse vertikal montiert ist. Es sammelt sich dann Schlamm u. dgl. in der Höhlung über dem untersten Sitze $S_{,}$ und kann hier beim Ablassen bequem ausgespült werden. Bei umgekehrter Anordnung würde sich Schlamm u. dgl. auf der Bodenseite des Deckels D ansammeln, welcher nicht nur ein Öffnen des Ventils vereiteln könnte, sondern auch seine Entfernung für immer verhindern würde. Die Dichtungen bei GG und bei D sind sorgfältig in gleichen Dicken zu verwenden, da andernfalls der Sitzring $S_{,}$ gegen $S_{,,}$ schief gelagert würde und Klemmung des Ventils verursachen könnte.

Fig. 277 zeigt ein Durchgangsventil mit Metallsitz. Die Ventilspindel hat außenliegendes Gewinde, kann also geschmiert werden. Der Ventilkegel wird mittels Dorn in einer Nabe des Kreuzsteges im Ventilsitz zentrisch geführt und bleibt mangels seitlicher Vorsprünge im Wasserstrom ruhig an der Spindel hängen. — Wird das Ventilgehäuse nur mit einem gewöhnlichen Deckel (ohne Stopfbüchse) geschlossen, der innen einen Anschlag zur Hubbegrenzung für den Ventilkegel hat, und der Ventilkegel ohne die Spindel in den Sitz eingehängt, so kann dieses Ventil als sogenanntes Rückschlagventil benutzt werden. Die Strömung kann dann nur nach der Richtung $l\,o$ erfolgen. In den Fig. 278 u. 279 sind Ventile mit Rippenführung dargestellt. Die Ventilspindel s hat bei Fig. 278 des normalen Systems innenliegendes Gewinde, der Ventilkegel dichtet mit elastischer Platte a (Gummi, Leder u. dgl.) auf dem gußeisernen ebenen Ventilsitz ab und wird mittels Rippen im oberen Ventilgehäuse geführt. Stopfbüchse d mit Schraubenbrille. Die Ventilspindel bei System H e y l a n d t Fig. 279 hat außenliegendes Gewinde; das Muttergewinde ist in der Traverse m eingeschnitten, der Ventilkegel dichtet mittels eingelegten Metall- oder Gummiringes zwischen vorstehenden Ringzapfen o und n auf dem Metallsitz ab und wird oberhalb und unterhalb des Sitzes durch Rippen oder Flügel geführt. Diese sind oft Veranlassung, daß der Kegel im Wasserstrome sich dreht, dabei ausschleift und zittert. — Fig. 280 zeigt ein Ventil mit balliger Kegelfläche. Die Ventilspindel hat innenliegendes Gewinde, der Ventilkegel dichtet mit einer kugelig abgedrehten (balligen) Fläche a im Metallsitz und bedarf daher keiner besonderen Führung, da er etwaigen vom Wasserstrom auf ihn einwirkenden Ablenkungen nachgeben kann, ohne der zentralen Lage in der Schlußstellung zu bedürfen; die Kugelflächen im Sitz und Kegel gestatten eine Verschiebung gegeneinander. Dieser Zustand verliert sich jedoch im Gebrauch durch die natürliche Abnützung des Kegels, wie $a_{,}$ in der Figur rechts zeigt: der Ballen dringt in den zylindrischen Sitz ein. Die Stopfbüchse ist mit Überwurfmutter versehen. Dies ist bei Ventilen kleineren Durchmessers in der Regel der Fall. — In Fig. 281 ist ein Eckventil dargestellt. Bei dieser Bauart des Ventilgehäuses erfährt die Stromrichtung eine Änderung; in der Regel beträgt der Winkel, den die zwei Anschlußflanschen miteinander einschließen, 90 Grad. Das Ventil hat Innengewinde, Kegel mit oberen Flügeln und Leder- oder Gummischeibendichtung. — Fig. 282 zeigt ein Eckventil anderer Bauart. Die in den tellerförmigen Kegel eingedrehte Ringnut mit Schwalbenschwanzquerschnitt kann mit verschiedenen Dichtungsmaterialien ausgefüllt werden; je nach dem Verwendungszweck sind hier Blei, Legierungen

verschiedener Härtegrade, Gummi, Leder etc. ausgeführt. Das Ventil hat Außengewinde, der Kegel ist nicht geführt. — Kreuzventile sind in den Fig. 283 u. 284 (Schnitt und Ansicht) dargestellt; sie ermöglichen es, von einem Eintrittstutzen aus mehrere Stränge zugleich zu speisen. Die Gewinde sind außenliegend, können jedoch bei Bestellung auch nach innen verlegt werden. Die Dichtung erfolgt durch eine aufgeschraubte Lederscheibe oder Gummischeibe, welche in die

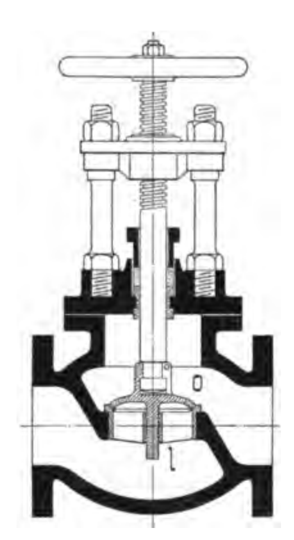


Fig. 277. Durchgangsventil.

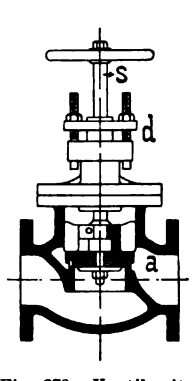


Fig. 278. Ventil mit oberer Führung.

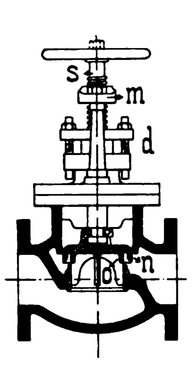


Fig. 279. Ventil mit oberer und unterer Führung.



Fig. 281. Eckventil für kleine Lichtweite.

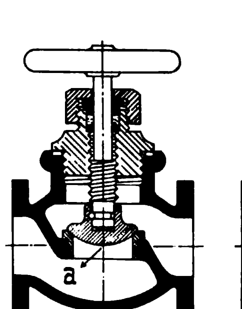


Fig. 280. Ventil mit balligem Kegel.



Fig. 282. Eckventil für größere Lichtweiten.

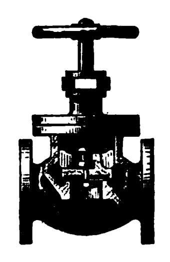


Fig. 285. Ventil mit Lederdichtung.

Fig. 277—286. Verschiedene Ventilbauarten.



Fig. 283. Kreuzventil für 3 Wege.



Fig. 284. Kreuzventil für 4 Wege.

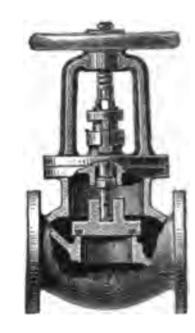


Fig. 286. Durchgangsventil kombiniert: Gehäuse nach Fig. 277; Ventil und Aufsatz nach Fig. 282.

vertieft gedrehte Tellerfläche des Ventilkegels gepreßt wird und gegen deren etwaiges Herausdrücken beim Festschrauben auf den Sitz der bordförmige Rand der Tellerfläche schützt.

Fig. 285 zeigt ein Durchgangsventil mit Lederscheibe. Dasselbe ist eine Kombination des Gehäuses und der Spindelanordnung wie bei Fig. 278, nur trägt die Stopfbüchse hier eine Überwurfmutter. Diese bietet einen gewissen Schutz vor dem Schiefziehen der Packung. Der Ventilkegel ist wie bei Fig. 281.

In Fig. 286 ist ein Durchgangsventil mit Hanfpackung dargestellt. Dasselbe ist kombiniert aus: Gehäuse nach Fig. 277, Deckel und Ventilkegel nach Fig. 282.

Auf ähnliche Weise lassen sich für die verschiedensten Zwecke entsprechende Ventile finden.

Schließlich bringen wir in Fig. 287 ein Durchgangsventil für Bleirohranschluß mit Einbaugarnitur, wie sie in Norddeutschland für Hausanschlüsse viel verwendet werden, mit Lederdichtung; die Gewindemutter bildet zugleich den hier nicht drehbaren Ventilteller, der beim Drehen des Gestänges sich auf und ab bewegen läßt.

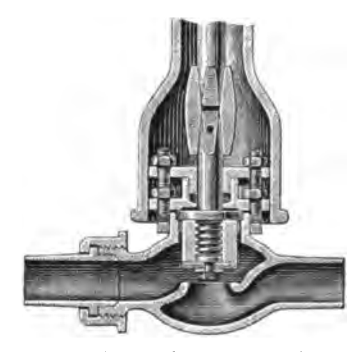


Fig. 287. Durchgangsventil für Hausanschlüsse mit Bleirohranschluß und Einbaugarnitur von Dehne.

Literatur

über Ablaß- und Absperrventile.

[19] Stumpf, Absperrventil mit Differentialkolben. Deutsche Industrieztg. 1874, S. 382 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1874, S. 679. — [20] Daelen, Entlastetes Absperrventil. Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen. 1880, S. 211. — [21] Absperrventile für verschiedene Zwecke. Dingl. polyt. Journ. Bd. 290 (1893), S. 246. — [22] Rosenkranz, Die Bauart der Absperrventile. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1898, S. 931. — [23] Ablaßventile an einem Reservoir der Plymouth-Wasserwerke. Proc. Inst. Mech. Eng. July 1899, S. 407. — [24] A valve with double revolving gate disks. Eng. News. Mai 1901, S. 324. — [25] A new stop valve. Am. Mach. September 1901, S. 972. — [26] New Watson-Stillmann hydraulic valves. Iron Age. Januar 1902, S. 14. — [27] Schmidt, Verschiedene Ventilkonstruktionen. Dingl. polyt. Journ. 7. Oktober 1905, S. 636.

Deutsche Reichspatente

für Absperrventile.

Nr. 622. Absperrvorrichtung. Meyer. — Nr. 699. Ventil. Benger. — Nr. 720. Absperrventil. Teinert. — Nr. 1089. Verschluß an Abflußröhren. Palmer & Rower. — Nr. 1169. Absperrhahn mit rotierender Verschlußscheibe. Ehlert. — Nr. 1306. Niederschraubventil mit doppeltem Abschluß und Entwässerungsvorrichtung. Reese. — Nr. 1483. Niederschraubventil mit Gummimembrane. Roose. — Nr. 1639. Niederschraubventil. Glück & Hoepfner. — Nr. 9693. Einseitiges entlastetes Absperrventil. Daelen. — Nr. 13290. Selbsttätiges Absperrventil. Mücke. — Nr. 13 814. Absperrventil mit selbsttätiger Entleerungsvorrichtung. Teinert. — Nr. 14 138. Verschlußvorrichtung. Blancke. — Nr. 14 240. Absperrvorrichtung. Fried. — Nr. 15 349. Selbsttätige Entleerungsvorrichtung für Absperrventile. Teinert. — Nr. 16 692. Sperrventile für Rohrleitungen. Herrmann & Mannes. — Nr. 17 642. Neuerungen an Absperrventilen mit selbsttätigem Schluß. Oehme. — Nr. 19 694. Neuerung an dem unter Nr. 5403 patentierten selbsttätigen Absperrventile für Wasserleitungen. Mücke. — Nr. 33 244. Herausnehmbarer Ventilsitz für Durchflußventilhähne. Diez. — Nr. 34 670. Gewellte Sitzfläche für Ventile mit Gummidichtung. Kaiser. — Nr. 43 294. Neuerung an Durchlaßventilen. Kretschmann. — Nr. 43 664. Ventil mit zwei gegeneinander beweglichen Abschlußkegeln. Forestier. — Nr. 50 773. Haupthahn für Wasserleitungen. Oertel. — Nr. 59566. Niederschraubventil. Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft. — Nr. 61 211. Ventil. Metzeler. — Nr. 61 723. Niederschraubventil. Voigt. — Nr. 62 977. Wasserleitungsventil mit doppeltem Abschluß Behm & Otto. — Nr. 63 231. Absperrventil. Hoppe. — Nr. 63983. Niederschraubventil. Bach. — Nr. 64812. Kegeliges Hubventil mit biegsamem Dichtungsring. Beyer. — Nr. 65502. Niederschraubventil. Thomson. — Nr. 67 360. Niederschraubventil. Engst. — Nr. 67 386. Doppelsitzventil. Fowler. — Nr. 67 489. Niederschraubventil. Tschentschel. — Nr. 67 805. Ventil. Reichling. — Nr. 68 726. Absperrventil. Urania. — Nr. 69 177. Absperrventil. Rittscher. — Nr. 69 627. Niederschraubventil. Greeven & Co. — Nr. 69 630. Niederschraubventil mit veränderbarer Begrenzung der Spindelbewegung. Mießen. — Nr. 71 111. Selbstschließendes Membrandurchgangsventil mit Entwässerung. Heckel. — Nr. 74 145. Niederschraubventil. Meinecke. — Nr. 74 320. Niederschraubventil. Strube. — Nr. 76 231. Absperrventil. Patrick. — Nr. 76 875. Niederschraubventil. Bony. — Nr. 78 240. Niederschraubventil. Patrick. — Nr. 78 262. Absperrventil. Iseler. — Nr. 78 769. Niederschraubventil. Bernhardt. — Nr. 80 981. Niederschraubventil. Fries. — Nr. 81 077. Niederschraubventil. Schnöring. — Nr. 81 515. Niederschraubventil. Elshorst. — Nr. 95 290. Niederschraubventil. Heckmann. — Nr. 98 449. Niederschraubventil. Müller-Tromp. — Nr. 99 317. Niederschraubventil. Keeling. — Nr. 102 174. Absperrventil. Lenhardt. — Nr. 102 981. Absperrvorrichtung für Ablaßleitungen. Harbos. — Nr. 103 079. Niederschraubventil. Ericson. —

Nr. 104 390. Elastische Ventil- und Schiebersitze. Scheh. — Nr. 107 635. Wasserleitungshahn. Kapralik & Rosenbaum. — Nr. 108 953. Niederschraubventil. Hefelmann & Kühnel. — Nr. 111 455. Reparaturverschluß für Wasserleitungen. Moeres. — Nr. 111 855. Kniehebelventil. Biersyphon A.-G. — Nr. 114 375. Niederschraubventil. Ehlers. — Nr. 116 998. Schnellschlußventil. Bohlecke. — Nr. 117 399. Stopfbüchse für Wasserleitungshähne. Haß. — Nr. 118 853. Niederschraubventil von Deutz & Zirkwitz. — Nr. 119 589. Absperrventil. Müller. — Nr. 123 558. Absperrhahn mit Entwässerungsvorrichtung für Flüssigkeitsleitungen. Butzke & Cie. — Nr. 123 866. Ventilhahn für Brunnen. Gut. — Nr. 124 223. Selbsttätig wirkendes Entleerungsventil für Wasserleitungen. Benckiser. — Nr. 124 224. Ventilhahn mit loser Dichtungsscheibe. Deutz & Zirkwitz. — Nr. 126 830. Ventil, bei dem die Flüssigkeit zur Verringerung der Rückschläge ihren Weg durch Löcher in einem Rohransatz am Ventilkegel nimmt. Heine. — Nr. 127 455. Absperrventil. Thompson. — Nr. 136 909 Wasserleitungsventil mit Differentialkolben. Wehner.

Sicherheits-, Rückschlag- und Druckreduzierventile. Die Sicherheitsventile gegen Überdruck, obwohl mehr im Dampfbetrieb als bei Wasserversorgungen verwendet, sind in ihrer Wirkung ebenso nützlich — vorausgesetzt, daß diese Wirkung rechtzeitig und genügend eintritt —, wie anderseits das Versagen des Apparates sehr schädlich sein kann. Es sei daher die Eigentümlichkeit eines Sicherheitsventils in Konstruktion und im Betrieb des näheren besprochen, damit von ihm nur das erwartet wird, was es als starrer Maschinenteil leisten kann. Sicherheitsventile werden nur dann in einer Gefäßwand angebracht, wenn befürchtet oder vorhergesehen wird, daß der innere Druck auf die Wand eine ihr gefährliche Größe erreichen kann. Meist wird angenommen, daß durch plötzliches Schließen eines Schiebers der Stoß des bewegten Wassers in dem Gefäße oder der Rohrleitung einen nicht beabsichtigten Druck entstehen läßt. Über die Höhe des bei einem solchen Anlasse in einer Rohrleitung auftretenden Druckes ist man sich klar, sobald man als bewegte Masse ein bekanntes Wasserquantum annimmt, das mit bekannter Geschwindigkeit durch die Rohre fließt und in einer möglichst kleinen, in Sekunden oder Bruchteilen von Sekunden anzunehmenden Zeit zum Stillstand durch den Schieber oder dgl. gebracht wird.

Wird z. B. ein Reservoir mittels einer 200 Millimeter weiten Leitung von 1000 Meter Länge durch höher liegende Quellen gespeist und wird der Zufluß durch Schwimmereinrichtung (s. d. am Schlusse des § 54) reguliert, so kann durch unachtsames Bewegen des Schwimmers von Hand oder durch Hängenbleiben und darauffolgendes Emporschnellen des Schwimmers der Zufluß in etwa 0,5 Sekunden abgesperrt werden. War die Durchflußgeschwindigkeit im Rohr 1,2 Meter, was einer sekundlichen Wassermenge $Q = 37{,}7$ Liter entspricht, so ist (alle Maße in Meter) die Masse des bewegten Wasserquantums $= \frac{1000 \,.\, \pi D^2 \,.\, L}{4 \,.\, g} = 3200$ und die Bewegungsgröße (Momentankraft) $=$ Masse $\times$ Geschwindigkeit $= 3200 \,.\, 1{,}2 = 3840$ Kilogramm. Diese wird bei Schluß des Ventils vernichtet durch Auftreten einer mittleren Kraft P in der angenommenen Zeit, die sich hier berechnet zu $P = 3840 : 0{,}5 = 7680$ Kilogramm, welche, auf die Fläche des Rohrabschlusses verteilt, einer Pressung von 24 Atmosphären entspricht.

Einer derartigen Drucksteigerung soll das Sicherheitsventil vorbeugen, indem es einen Teil der bewegten Wassermenge vor der Schwimmereinrichtung abläßt, und es liegt nun im freien Ermessen, welche Drucksteigerung über die bestehende Pressung im Rohr gestattet werden kann. War der Ruhedruck z. B. 6 Atmosphären, der Probedruck 15 Atmosphären, so wird eine Drucksteigerung von der Differenz der beiden genannten Pressungen = 9 Atmosphären der Leitung zugemutet werden können, welche Steigerung mit $^9/_{24}$ oder $^3/_8$ der sekundlichen Wassermenge ausgeübt wird; daher muß das Sicherheitsventil die restlichen $^5/_8$ von $37{,}7\ Sl = Q_, = 23{,}5$ Liter in der verfügbaren Zeit einer halben Sekunde abführen können. Da das Wasser mit der ganzen aus dem Ruhedruck $H = 60$ Meter resultierenden Geschwindigkeit durch das Sicherheitsventil strömen kann (von dem hydraulischen Druck soll wegen des geringen Gefällsverlustes in diesem Falle abgesehen werden), also mit $v_, = \sqrt{2gH} = \sqrt{19{,}62 \,.\, 60} = 34$ Meter-Sekd., so muß der lichte Querschnitt der Auslaßöffnung mit Annahme eines Ausflußkoeffizienten $\eta = 0{,}5$ betragen: $f = \frac{Q_,}{t \,.\, v \,.\, \eta} = \frac{23{,}5}{0{,}5 \,.\, 340 \,.\, 0{,}5}$ $= 0{,}277$ Quadratdezimeter, entsprechend einer Lichtweite $d = 60$ Millimeter. Bis hierher läßt sich der Vorgang mit einiger Zuverlässigkeit rechnerisch verfolgen. Die Schwierigkeit beginnt mit der Wahl des Ventils.

Aus der Fig. 288 ist z. B. zu entnehmen, daß das belastende Gewicht, welches dem Wasserdruck nachgeben soll, an einem rund siebenmal längeren Hebelarm wirkt als der Wasserdruck. Hieraus folgt, daß sich das Gewicht auch siebenmal höher heben muß als das Ventil, auf welches der Wasserdruck von unten preßt. Soll das Ventil ohne weitere Drucksteigerung die angenommene Wassermenge durchlassen, so muß es sich um $^1/_4$ seines lichten Durchmessers heben, da, wie bekannt, bei $^1/_4\, d$ die Mantelfläche des Ventilumfanges πd gleich ist $^1/_4\, \pi d^2$ oder der Ventilfläche selbst. In diesem Beispiel muß sich das Ventil $60:4 = 15$ Millimeter und folglich das Gewicht am Hebelende $15 \times 7 = 105$ Millimeter hoch heben. Und das alles in der kurzen Zeit einer halben Sekunde! Die Folge wäre ein hammerartiges Anschlagen des Gewichtshebels an dem hubbegrenzenden Teil des Ventils. In Wirklichkeit hebt sich das Ventil nicht $^1/_4\, d$ hoch, dafür erhöht sich die Pressung im Rohr entsprechend mehr. Es wird daher für solche Fälle das Gewichtsventil nicht zweckmäßig sein und durch ein solches mit Federbelastung ersetzt werden müssen. Die Berechnung der Federn kann nach den bei den Sicherheitsdruckreglern unten angegebenen Formeln geschehen.

In den Fig. 289 u. 290 sind zwei Sicherheitsventile gezeichnet, das eine mit äußerer Spiralfederbelastung, das andere mit innerer. Die Ventile mit innerer Spiralfederbelastung haben den Vorzug, daß bei einem Bruch der Feder nur ein seitliches Abströmen des Wassers durch den Stutzen erfolgt, während bei den anderen das Wasser nach allen Seiten umherspritzt. Die Federn haben nicht nur so gut wie keine Masse, sondern bieten auch den Vorteil, daß die Belastung aufs feinste

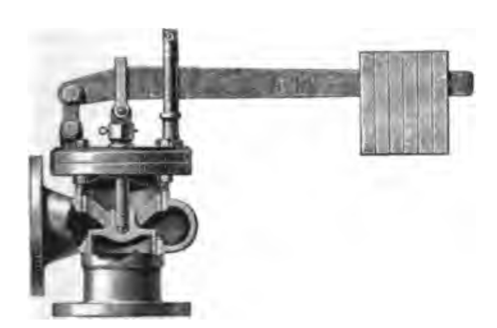


Fig. 288.
Sicherheitsventil mit Hebel- und Gewichtsbelastung und seitlichem Wasseraustritt.



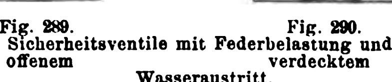


Fig. 289. Fig. 290.
Sicherheitsventile mit Federbelastung und offenem verdecktem Wasseraustritt.

reguliert und auf den beabsichtigten Minimaldruck eingestellt werden kann; es geschieht dies mittels Manometer, das in unmittelbarer Nähe des Sicherheitsventils an dem Rohre angebracht wird, unter Handhabung der Spannschraube an Ort und Stelle.

Das Mangelhafte bei der Anordnung eines Sicherheitsventils bleibt der Umstand, daß niemand den Zeitpunkt weiß, in welchem das Ventil in Funktion treten wird, und demzufolge die ganze Einrichtung, wenn nicht ganz der Vergessenheit anheimfällt, so doch nicht die gebührende Beachtung erfährt; zumal, wenn sich in Jahren nicht ein einziges Mal die Wirkung des Ventils zeigt. Befindet sich die Einrichtung in Lokalen, die mit Aufsichtspersonal belegt sind, so kann sie wohl in gutem Zustand erhalten werden, indem sie des öfteren probiert wird, was am einfachsten dadurch geschieht, daß man das Ventil lüftet und Wasser zum Ausströmen bringt. Hierbei ist wieder die Vorsicht zu gebrauchen, daß sowohl Anhub als noch mehr Ablaß des Ventils langsam erfolgt. Ist das Sicherheitsventil hingegen an Orten angebracht, die selten besucht werden, so kann es geschehen, daß Sitz und Kegel von innen inkrustiert oder sonstwie verstopft sind und dann wird eintretendenfalls eher ein Rohrbruch sich ereignen, als das Ventil aufgehen. — Damit Sicherheitsventile die üble Eigenschaft des Rinnens verlieren, wobei sie auch ohne erhöhten Druck in der Leitung Wasser auslassen, ist es zweckmäßig, den Ventilkegel von außen an dem Vier- oder Sechskant unter der Feder- oder Gewichtsbelastung auf seinem Sitz mehrere Male hin und her zu drehen, um die zwischen den Sitzen befindlichen Fremdkörper oder Unebenheiten zu zerreiben, oder wie man sagt, das Ventil „einzuschleifen".

Rückschlagventile. Diese Ventile sind dazu bestimmt, das Zurückfließen von Wasser aus höheren Zonen in niedere oder aus Gewerbebetrieben in das öffentliche Rohrnetz u. dgl. zu verhindern.

Beim Rückschlagventil nach Fig. 291 öffnet sich der Ventilkegel nur beim Strömen des Wassers in der Pfeilrichtung; sobald der Wasserstrom nachläßt, sinkt das Ventil infolge seines

Gewichtes wieder auf den Sitz und sperrt den Rückfluß ab. Unterstützt kann die fallende Wirkung werden durch Einspannen einer Spiralfeder von Messingdraht zwischen das Ventil und die obere Führung. Ansatz von Stein an der Führungsspindel oder an den Ventilrippen verhindert manchmal das Öffnen und auch das Schließen, weshalb solche Rückschlagventile, wenn sie in ein Stadtrohrnetz eingebaut werden, stets in Schächte zu legen sind, um jederzeit revidiert werden zu können. Selbstverständlich muß vor und hinter dem Rückschlagventil ein Absperrschieber sich befinden, damit das Ventil geöffnet und besichtigt werden kann. Ist die betreffende Rohrstrecke eine Druckleitung (Förderleitung) nach einem höher liegenden Reservoir, so muß der Revision des Ventils eine entsprechende Benachrichtigung der zugehörigen Pumpstation vorausgehen, damit die Förderung nicht gehemmt wird.

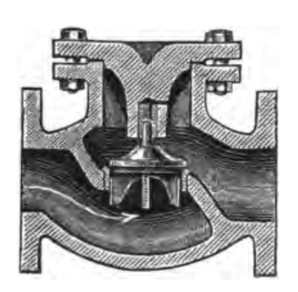


Fig. 291. Rückschlagventil für Durchgangsleitungen.

Bei den Rückschlagventilen ist sehr zu beachten, daß sie nur infolge des auf ihnen lastenden Flüssigkeitsdruckes auf die Sitzfläche gepreßt werden und nicht, wie bei den Absperrventilen, mittels einer von außen zu bewegenden Schraubenspindel. Wird nach längerem mit wechselndem Druck arbeitendem Betriebe das Ventil einseitig abgenutzt, wie es nach Fig. 292 infolge des bei *a* ausströmenden Wassers ähnlich der bei den Durchgangsventilen schon erwähnten Weise geschieht, so kommt in der Ruhelage das Ventil zuweilen nicht mehr von selbst in seinen, dem frisch eingeschliffenen Zustande entsprechenden, konzentrisch dicht schließenden Sitz und läßt in den Ruhezeiten Wasser durchtreten. So kann es sich z. B. ereignen, daß bei Wasserförderungen nach mehreren Zonen, die in der gemeinsamen Druckleitung sitzenden Rückschlagventile nach Einstellen des Förderbetriebes das emporgehobene Wasser aus dem höher liegenden Reservoir in das untere Reservoir wieder zurückfließen lassen und — wie es bei den höchstgelegenen Behältern gewöhnlich der Fall ist — diese infolge ihres kleinen Fassungsraumes über Nacht gelegentlich leer laufen. Gegen diesen Übelstand hilft nur häufiges Nachsehen und Reparieren der etwa einseitig abgenutzten Ventilkegel.

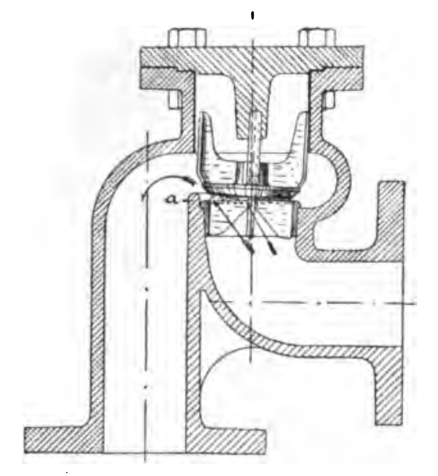


Fig. 292. Eckrückschlagventil im Betrieb.

Das Dehnesche Ventil (D. R.-P. 133 859 in Fig. 275, S. 177) hilft dem einseitigen Abnutzen infolge des nach zwei genau gegenüberliegenden Seiten erfolgenden Durchflusses ab, entbindet aber bei der Wichtigkeit, die die Rückschlagventile haben, nicht von den zeitweisen Revisionen, eventuell dem Wiedereinschleifen auf dichten Schluß.

Sicherheitsdruckregler. (Druckreduzier- oder Reduktionsventile.) Diese ebenso wie die besprochenen Sicherheitsventile mehr bei Dampf- als bei Wasserleitungen gebräuchlichen Armaturen bezwecken die Erniedrigung der Pressung in einer Rohrstrecke, welche von einer unter hohem Druck stehenden Leitung her gespeist werden soll. Bei Rohrnetzen in Städten mit verschiedenen Druckzonen kann die Anwendung solcher Druckregler geboten erscheinen, wenn nicht durch Zwischenreservoire (Druckregulatoren mit Gefällsbruch) abgeholfen wird. Soll z. B. ein tief liegendes Rohrnetz, das aus Billigkeitsgründen nicht mit entsprechend starken Rohrwandungen versehen wurde, von einem höher liegenden Rohrnetz, in welchem bereits 6 bis 8 Atmosphären Druck herrschen, gespeist werden, so würde sich ohne Einbau von Druckreglern in die die beiden Rohrnetze verbindenden Zweige im ganzen unteren Rohrnetz der um die Tiefenlage des letzteren gegen ersteres vermehrte Druck einstellen. Die Wirkung dieser Druckregler beruht auf der Drosselung der durchströmenden Flüssigkeiten (Dampf oder Wasser).

In ein gußeisernes Ventilgehäuse Fig. 293 ist ein Doppelsitzventil VV' eingebaut, wie ein ähnliches bei dem Ringschieber (Fig. 276) beschrieben wurde, welches also die Eigenschaft besitzt,

mit kleiner Kraft in der Nähe des Ventilschlusses von außen bewegt zu werden, hingegen durch den auf der inneren Ventilseite eintretenden Druck nur dann geöffnet werden kann, wenn hinter dem Ventil eine bestimmte verminderte Pressung besteht, da die sich darbietende Druckfläche (Differenz der oberen und unteren Ventilfläche) sehr gering ist. Hat z. B. die untere Ventilfläche 100 Quadratzentimeter, die obere 110 Quadratzentimeter, so kann eine Atmosphäre Druckdifferenz in den Leitungen vor und hinter dem Druckregler auf das Doppelsitzventil einen Druck von 10 Kilogramm ausüben. Zur mechanischen Bewegung des in Fig. 293 dargestellten Ventilkörpers selbst ist kein Druck nötig, da mittels des Gegengewichtes G das Ventil- und Spindelgewicht ausgeglichen wird. Dagegen ist durch eine an dem nach der anderen Seite verlängerten Hebel H wirkende Spiralfeder F, welche in einem Messinggehäuse nach Art der Sicherheitsventile bei Lokomotiven eingeschlossen ist und mittels der Stellmutter S reguliert werden kann, die Möglichkeit gegeben, auf das Ventil von außen her einen in bestimmten Grenzen beliebig starken Druck auszuüben. Wird z. B. mittels der Feder auf das Ventil ein Druck von 10 Kilogramm ausgeübt, so vermag der auf das Ventil einwirkende Druck der Flüssigkeit dieses nur dann zu öffnen, wenn hinter dem Ventil eine um m e h r als 1 Atmosphäre niederere Pressung herrscht als vor dem Ventil. Bei den vorhin angenommenen Größenverhältnissen des Ventiles, welche unter Abrechnung der Ventilrippen und des Ventilkernes Durchmesser von 105 und 110 Millimeter, bezw. einem lichten Durchgang von rund 100 Millimeter entsprechen, kann nach obiger Annahme also keine Strömung stattfinden; auf Öffnung des Ventils wirkt der Flüssigkeitsdruck bei einer Atmosphäre Druckdifferenz

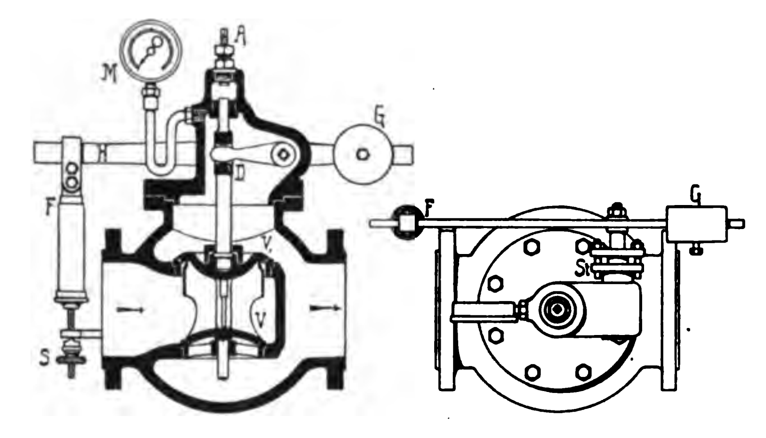


Fig. 293. Druckreduzierventil 125 mm l.W. mit Federhebelbelastung und Gegengewicht. Maßstab 1 : 10.

mit 10 Kilogramm, von außen wirkt die Feder auf Schluß des Ventils mit ebenfalls 10 Kilogramm, beide Druckkräfte sind einander gleich und entgegengesetzt gerichtet, es ist demnach Gleichgewicht und Ruhe. Wird nun entweder der Druck auf der Austrittsseite durch irgendwelche Maßnahmen, in der Regel durch Ausströmenlassen der eingesperrten Flüssigkeit, vermindert oder wird die Federspannung reduziert, so kann sich das Ventil öffnen und es tritt Bewegung in die vorher ruhende Flüssigkeitssäule. Der auftretende Druckunterschied H wird hierbei zur Erzeugung der Durchflußgeschwindigkeit aufgebraucht, woraus bei bekannten Durchmessern wiederum die Durchflußmenge und die Höhe der Ventilerhebung ermittelt werden kann, wie bei Fig. 288 (Sicherheitsventil) erläutert wurde. Da die Flüssigkeit durch zwei Ventilflächen strömt, beträgt die Hubhöhe nur die Hälfte von derjenigen eines einfachen Ventiles.

Über die Größe der Ventilerhebung bei einer bestimmten Wassermenge geben folgende Erwägungen Aufschluß. Die Flüssigkeit strömt bei geöffnetem Ventil durch zwei Mäntel, welche gebildet werden aus je einem Umfang des unteren und des oberen Ventildurchmessers, und zwar je des kleineren des kegelförmigen Ventiles und aus der beiden Ventilkegeln gemeinschaftlichen Hubhöhe. Es gelten hierfür, wenn statt des voneinander nur wenig verschiedenen größeren und kleineren Durchmessers ein mittlerer Durchmesser d angenommen wird, $f = 2\pi d h$, unter f den freien Durchtrittsmantel und unter h die Hubhöhe verstanden. Aus $v = \sqrt{2gH} = 4{,}43\sqrt{H}$ ist die Geschwindigkeit der durchströmenden Flüssigkeit, aus $Q = vf$, deren Menge je pro Sekunde bestimmt; es wird $Q = 4{,}43\sqrt{H} \, . \, 2\pi d h$. Hierbei ist weder auf Flüssigkeitsreibung noch Kontraktion der durch das Ventil tretenden Strahlen Rücksicht genommen; wird die Ergiebigkeit genau verlangt, so muß obiger Ausdruck noch mit einem Koeffizienten, der zwischen 0,5 und 0,8 liegen kann, je nach der Detailkonstruktion des Doppelsitzventiles (der Rippen, der Breite der

Sitzflächen u. dgl.) korrigiert werden. Im Mittel genügt die Annahme eines Koeffizienten von 0,6. Nach der so korrigierten Formel $Q = 0{,}6 \,.\, 4430 \sqrt{H} . 2\pi d h = 16\,690 \sqrt{H} . dh$, alles in Meter ausgedrückt, ist die sekundliche Durchflußmenge (in Litern Wasser) für einen Druckregler von 100 Millimeter Lichtweite bei einer Druckdifferenz von 1 bis 10 Atmosphären und für jeden Millimeter Hubhöhe in den angängigen Grenzen von 1 bis 10 Millimeter in untenfolgender Tabelle berechnet. Voraussetzung hierbei ist, daß die Wassermenge durch die Anschlüsse zu- und abgeführt werden kann.

Ventil-erhebung in Millimeter h	Gefällsverlust H in Meter Wassersäule vor und hinter dem Ventil									
	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m
1	5,25	7,41	9,07	10,50	11,75	12,85	13,90	14,85	15,75	16,60
2	10,50	14,82	18,14	21,00	23,50	25,70	27,80	29,70	31,50	33,20
3	15,75	22,23	27,21	31,50	35,25	38,55	41,70	44,55	47,25	49,80
4	21,00	29,64	36,28	42,00	47,00	51,40	55,60	59,40	63,00	66,40
5	26,25	37,05	45,35	52,50	58,75	64,25	69,50	74,25	78,75	83,00
6	31,50	44,46	54,42	63,00	70,50	77,10	83,40	89,10	94,50	99,60
7	36,75	51,87	63,49	73,50	82,25	89,95	97,30	103,95	110,25	116,20
8	42,00	59,28	72,56	84,00	94,00	102,80	111,20	118,80	126,00	132,80
9	47,25	66,69	81,63	94,50	105,75	115,65	125,10	133,65	141,75	149,40
10	52,50	74,10	90,70	105,00	117,50	128,50	139,00	148,50	157,50	166,00

Liter Wasser pro Sekunde

Die Wassermengen durch größere Ventilhubhöhen zu vermehren ist nicht ratsam, da bei der gezeichneten Anordnung der Spindelverbindung mit dem Hebedaumen D ein Klemmen des Daumens in dem Spindelschlitze auftreten kann. Außerdem ist bei $12\frac{1}{2}$ Millimeter Hubhöhe des angenommenen Ventils von 100 Millimeter Lichtweite das Maximum der Wasserlieferung erreicht, da alsdann der Austrittsmantel beider Ventile dem vollen Rohrquerschnitt $\pi \frac{d^2}{4}$ gleichkommt. Mehr Wasser kann ja der Druckregler nicht durchlassen, als ihm von der Eintrittseite her bei bestimmter Druckdifferenz und dementsprechender Wassergeschwindigkeit zuströmt. Die Hubhöhe kann auch, um Klemmungen und gefährliche Auf- und Abbewegungen des Ventiles zu vermeiden, mittels des einstellbaren Anschlages A begrenzt werden.

Aus der Tabelle ist zunächst bei einer bestimmten Druckdifferenz, z. B. bei 10 Meter, zu ersehen, daß der Druckregler bei 1 Millimeter Ventilerhebung 5,25 Sekundenliter Wasser liefert, und bei 10 Millimeter Ventilerhebung 52,5 Sekundenliter. Dies ist nur bedingt richtig. Denn mit jedem Millimeter Ventilerhebung wird auch der Daumen D (Fig. 293) um 1 Millimeter gehoben und der mit dem Daumen starr verbundene Federgewichtshebel. Die Feder F hängt aber an einem aus der Figur zu entnehmenden 3,5mal längeren Hebelarm als der Daumen D; somit entspricht jedem Millimeter Ventil- oder Daumenerhebung 3,5 Millimeter Federzusammenpressung. Denn da mit der Spannschraube S die Feder einerseits unten am Gehäuse festgehalten wird, erleidet sie anderseits bei Aufwärtsbewegung der mit dem Hebel fest verbundenen Federhülse, in welcher sie steckt, eine Zusammenpressung. Diese Zusammenpressung, auch Federung genannt, ist proportional dem auf die Feder ausgeübten Drucke, ähnlich wie die Durchbiegung irgend eines belasteten Balkens. Außerdem ist die Federung abhängig vom Material der Feder, deren Drahtstärke, äußerem Durchmesser und der Anzahl Windungen nach der Formel $\mathfrak{F} = \frac{64 \,.\, n\, R^3\, P}{d^4\, G}$ (Reuleaux, Konstrukteur, 1882, S. 65). Hierin bedeutet: $\mathfrak{F}$ die Federung oder das Maß der Zusammenpressung der Feder; d die Drahtstärke der Feder; n die Anzahl Windungen der Spiralfeder; R den mittleren Halbmesser einer Windung, von Mitte zu Mitte Draht gemessen; P die Kraft, mit welcher die Feder zusammengepreßt wird; G den Schubelastizitätsmodul, alle Maße in Millimeter und Kilogramm.

Für das angezogene Beispiel würde demnach eine 3 Millimeter starke Messingfeder (Stahl kann des Rostens wegen nicht in Betracht kommen), mit 16 Windungen von je 30 Millimeter mittlerem Durchmesser und mit dem der Festigkeitstabelle für Messingdraht entnommenen Modul $G = 3500$ Kilogramm-Quadratmillimeter, eine dem Ventildruck bei 1 Atmosphäre Druck-

differenz entsprechende Federung erleiden von $\mathfrak{F} = \frac{64 \cdot 16 \cdot 15^3 \cdot 10}{3^4 \cdot 3500 \cdot 3{,}5}$ = rd. 35 Millimeter. Hierbei könnte sich das Ventil um 35 : 3,5 = 10 Millimeter erheben, also 52,50 Sekundenliter Wasser durchlassen, sofern dem Ventil diese Wassermenge zuströmen kann. — Bei weniger Durchlaß findet geringere Druckabnahme und kleinere Federung statt. Der auf dem Druckreglergehäuse jenseits des Ventils aufgesetzte Manometer M zeigt die jeweilige Druckhöhe der reduzierten Pressung an. Beispielsweise wird bei 21 Millimeter Federung, entsprechend 21 : 3,5 = 6 Millimeter Ventilerhebung, der Durchfluß nach der Tabelle nur 31,50 Sekundenliter sein und der Druck auf die Feder: $P = \frac{\mathfrak{F} d^4 G}{n\, 64\, R^3} = \frac{21 \cdot 81 \cdot 3500}{16 \cdot 64 \cdot 3375}$ = rd. 1,73 Kilogramm, welcher bei der 3,5fachen Hebelübersetzung 1,73 . 3,5 = rd. 6,0 Kilogramm Ventildruck und bei der der Rechnung zu Grunde liegenden oberen Ventilmehrfläche von 10 Quadratzentimeter: 1 Atmosphäre + $\frac{6{,}0 \text{ Kilogramm}}{10 \text{ Quadratzentimeter}}$ = 1,6 Atmosphären Druckdifferenz zwischen beiden Wasserseiten ergibt, gleich 16 Meter Wassersäule. Es entspricht somit bei den angenommenen Verhältnissen jedem Millimeter Ventilerhebung 1 Meter Wassersäulendifferenz infolge Belastung durch die Feder. Will eine geringere Differenz gestattet werden, so muß eine schwächere Feder eingesetzt werden, bei größerer Druckabnahme eine stärkere. Diese Eigentümlichkeit befähigt den Apparat gewissermaßen als Wassermesser zu funktionieren, da an der Federskala nicht nur die Erhebung des Ventils, sondern auch die hierdurch bedingte Durchflußmenge ersichtlich gemacht werden kann.

Die Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover baut diese Sicherheitsdruckregler in Größen von 60 bis 300 Millimeter lichtem Durchgang und wendet den vorhandenen Druckverhältnissen entsprechend verschiedene Verhältnisse der Doppelkegel VV_1 an. Bei einmal bestimmtem Verhältnis derselben, sowie der Hebellänge für die Federwage, kann beim Einbau mittels Verschieben des Gegengewichtes G und Einstellen der Feder F ein innerhalb gewisser Druckgrenzen sicheres Funktionieren des Druckreglers, das heißt ein sicherer Abschluß bei Erreichung der Druckgrenze, erwartet werden. Steigt der Druck auf der Niederdruckseite, so schließt sich eben das Ventil, weil das obere Ventil V_1 größer gewählt wurde als das untere.

Eine andere Art Regulierventil zeigt Fig. 294. Bei diesem wird der von links kommende Hochdruck, der das Ventil V zu öffnen strebt, nicht nur durch die der Öffnung entgegenwirkende Druckbelastung des kleinen mit dem Ventil verbundenen Kolbens nach oben aufzuheben gesucht, sondern es unterstützt diese drosselnde Wirkung noch ein zweiter größerer Kolben, der unter dem reduzierten Wasserdruck steht und das Ventil V ebenfalls zu schließen sucht. Nur durch Einregulierung der Feder F mittels Herabschraubens des obersten Handgriffs kann die gewünschte Reduktion konstant erhalten werden.

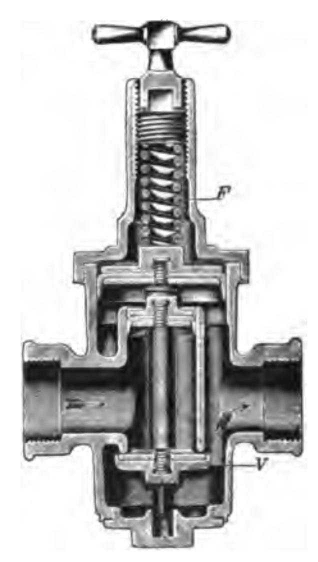


Fig. 294.
Reduzierventil mit Doppelkolben von Bopp & Reuther.

Inwieweit die Bezeichnung „Sicherheitsdruckregler" bei den erwähnten Apparaten zutrifft, muß dahingestellt bleiben. Wenn z. B. in dem Niederdruckrohrstrang keine Wasserentnahme stattfände, so müßte sich bei der geringsten Undichtheit der Doppelventile oder Kolben früher oder später der volle statische Wasserdruck der Hochdruckseite auf die Niederdruckseite fortpflanzen. Es muß daher zur Sicherheit noch ein eigentliches „Sicherheitsventil" auf dieser Seite eingeschaltet werden, was am einfachsten geschehen kann durch Anordnen eines oder mehrerer laufender Brunnen. Denn die Erfahrung lehrt, daß Ventile hängen bleiben, daß Federn brechen oder mindestens lahm werden; auch die seitliche, im Grundriß der Fig. 293 ersichtliche Stopfbüchse St der Daumenwelle bietet Anlaß zu Unregelmäßigkeiten: ein schiefes Anziehen der Stopfbüchse, welches in einem dunkeln engen Schachte nicht zu den Unmöglichkeiten gehört, kann ein Klemmen der Daumenwelle herbeiführen und dadurch die feinste Justierung der Federwage in Frage stellen. Bei etwa nicht ganz reinem oder viel Stein absetzendem Wasser ist der Gebrauch von Reduzierventilen überhaupt zu widerraten.

Sicherheitsventil gegen Überdruck. Bei langen und großen Rohrleitungen wird aus Ersparnisrücksichten die Wandstärke nicht immer dem statischen Drucke entsprechend gewählt, sondern dem um den Gefällsverlust verminderten hydraulischen Drucke gemäß bestimmt. Ereignet sich dann der Fall, daß die gesamte Wasserzufuhr unterbrochen werden muß, so würde der statische Druck zur Wirkung kommen und die Leitung gefährden. Diesem soll durch das in

Fig. 295 gezeichnete Sicherheitsventil vorgebeugt werden. Es unterscheidet sich von dem in Fig. 288 gezeigten insoferne, als es durch ein Gewicht belastet ist, welches nach Eröffnung des Ventils ausgelöst wird, so daß das Ventil geöffnet bleibt bis die regelmäßige Wasserförderung wieder eingeleitet wurde. Das Ventil ist, um nicht unhandlich große Belastungsgewichte anwenden zu müssen, als Doppelsitzventil ausgebildet, welches als wirksame Druckfläche die Differenz der beiden Ventilquerschnitte $F_1 - F$ der vorhandenen Pressung und der angenommenen gestatteten Drucksteigerung entgegenstellt. Das Doppelsitzventil wird eintretendenfalls nach unten gedrückt und nimmt in der oberen Schlitzöse den kurzen Hebelarm des Belastungsgewichtes mit, bis dieser, da er einen Bogen beschreibt, die gerade geführte Öse verläßt und infolge des nach unten fallenden Gewichtes selbst nach oben steigt. Das Ventil öffnet sich hierauf unter der Einwirkung des ausströmenden Wassers mit seiner ganzen Hubhöhe und läßt eine der regelmäßigen Wasserzufuhr nahekommende Wassermenge ausströmen. Es wird somit an den hydraulischen Verhältnissen in der Leitung durch das eingetretene Ereignis (Schließen eines unterhalb liegenden Schiebers infolge Rohrbruch etc.) nichts geändert. Nach Behebung des Defektes wird die Leitung sofort wieder dienstfähig, denn es kann unter vorhergehendem Abschluß durch den in Fig. 295 gezeichneten Schieber die bei dem Sicherheitsventil ausströmende Wassermasse zurückgehalten, das Ventil mit dem Belastungsgewicht wieder in Kontakt gebracht und nach Wiederöffnen des Schiebers der normale Zustand hergestellt werden. — Die Berechnung der hierbei nötigen Dimensionen und Gewichte erfolgt auf die gleiche Weise wie bei dem Sicherheitsventil in Fig. 288 bezw. 293.

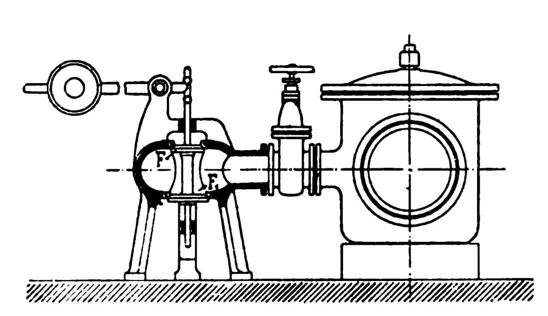


Fig. 295. Sicherheitsventil gegen Überdruck.

Neuerdings werden Sicherheitsventile bei Hochdruckwasserleitungen mit gesteuerten Kataraktventilen angewendet, die sich nach [42a] S. 192 sehr gut bewährt haben sollen.


Fig. 296. Sicherheitsventil gegen Druckentlastung.

In Fig. 296 ist ein Sicherheits-Rückschlagventil gegen Druckentlastung dargestellt. Dieses Ventil hat den Zweck, im Falle von Rohrbrüchen sich selbsttätig zu schließen. Es eignet sich vorzugsweise in senkrechten Steigleitungen, zum Einbau vor Fahrstühlen, hydraulischen Aufzügen, Kranen, bei denen dieses Sicherheitsventil ein plötzliches Niedergehen des hydraulischen Kolbens infolge etwaiger Druckentlastung verhüten soll. Siehe hierüber auch § 59 bei hydraulischen Aufzügen. In der abgebildeten Konstruktion, die von der Firma Breuer & Cie. in Höchst a. M. stammt, wird durch die zwischengespannte Spiralfeder das laternenartig durchbrochene Ventil so lange auf dem unteren Sitz erhalten, bis bei Druckentlastung oberhalb desselben infolge größerer Durchflußgeschwindigkeit die Spannkraft der Feder überwunden und durch den von unten kommenden Druck das Ventil geschlossen wird.

Literatur
über Druckreduzierventile.

[28] Hahn, Druckreduktionsventil für Flüssigkeiten. Ebenda 1880, S. 680. — [29] Fischer, H., Über Druckregler. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1883, S. 241. — [30] Rafford, N., Über ein Reduzierventil. Gén. civ. 1891, Heft 16. — [31] Druckminderventil für Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 188. — [32] Druckminder- oder Druckreduzierventile. Dingl. polyt. Journ. 1893, S. 153. — [33] Götze, Selbsttätige Wasseraustrittsregler, besonders solche für Filter. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1897, S. 169. — [34] Rosenkranz, Wasserdruckverminderungsventil mit elastischen Doppelkegeln und Kissenmembran. Ebenda 1898, S. 785. — [35] Hatt, Über einen neuen Druckregler. Journ. of the Franklin Inst. August 1902, S. 101. — [36] Wasserdruckverminderer für Hauswasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903. S. 776. — [37] Mehrfache Versorgungszonen für städtische Wasserleitungen. Ebenda 1904, S. 908. — [38] Einbau von 10 Druckreduzierventilen in eine hölzerne 250 Millimeter-Rohrleitung von 22,5 km Länge für Montrose in Colorado. Ebenda 1907, S. 947 nach The Eng. Rec. 1907, S. 37.

Deutsche Reichspatente

für Druckregulatoren und Sicherheitsapparate gegen Drucküberschreitung.

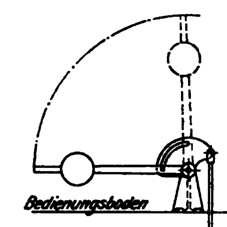
Nr. 1173. Druckreduktionsvorrichtung. Schlapp. — Nr. 2840. Druckreduktionsventil. Green & Hillig. — Nr. 4776. Selbsttätiges Druckverminderungsventil. Goodson. — Nr. 7769. Automatisches Druckreduktionsventil. Goodson. — Nr. 9576. Druckregulator. Barton. — Nr. 9977. Zusatzp. z. 9576. Druckregulator für Wasserleitungen. Barton. — Nr. 10 140. Apparat zur Ausgleichung des Wasserschlags. Bäsell. — Nr. 14 475. Druckregulator. Lax. — Nr. 14 633. Wasserdruckreduzierventil. Rosenthal. — Nr. 18 666. Druckregulierungs- und Entlüftungsapparat für Hochdruckwasserleitungen. Eichenauer. — Nr. 25 628. Druckreduzierventil. Hänelt. — Nr. 28 198. Druckreduziervorrichtung für Auslaufhähne bei Hochdruckleitungen. Meyer. — Nr. 35 315. Druckreduzierventil mit Schwimmer in offenem Gefäße. Kasalowsky. — Nr. 36 257. Sicherheitsventil für Hauswasserleitungen. Patrick. — Nr. 36 983. Sicherheitsventil für Hauswasserleitungen. Patrick. — Nr. 41 747. Sicherheitsvorrichtung für Hauswasserleitungen. Knipschild. — Nr. 42 622. Sicherheitsventil für Hochdruckleitung. Breuer. — Nr. 43 895. Druckentlastungsvorrichtung für Hauswasserleitungen. Kluge & Bötzke. — Nr. 48 929. Sicherheitsapparate für Wasserleitungen. Pfister. — (Akkumulatoren und Windkessel an den Hahnen!) — Nr. 51 094. Druckentlastung von Wasserleitungsröhren. Zipperling. — Nr. 57 124. Wasserleitung, deren Druck dadurch erhöht werden kann, daß in die Leitung eine Zentrifugalpumpe eingeschaltet wird. Brouckère. — Nr. 61 453. Druckminderungsventil für Hauswasserleitungen. Kottenbach. — Nr. 70 140. Druckminderungs- und Regulierventil für Wasserleitungen. Prött. — Nr. 76 122. Regulierventil für Wasserleitungen. Prött. Zusatz zu Nr. 70 140. — Nr. 81 427. Einrichtungen zum Schutze von Hauswasserleitungen. Hildebrand Lux. — Nr. 81 865. Druckverminderungsventil. Deutsche Wasserwerksgesellschaft. — Nr. 83 631. Vorrichtung zur selbsttätigen Regelung des Drucks in Wasserleitungen. Behrent. — Nr. 85 729. Druckminderungs- und Regulierventil. Prött. Zusatzpat. zu Nr. 70 140 u. 76 122. — Nr. 86 305. Vorrichtung zur selbsttätigen Regelung des Druckes in Flüssigkeitsleitungen. Behrent. Zusatzp. zu Nr. 83 631. — Nr. 87 187. Selbsttätiger Druckregler. Schröder. — Nr. 91 532. Membran mit inneren Hohlräumen. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 105 872. Durchflußmengen- und Druckregler. Friedrich. — Nr. 118 138. Rückschlagventil zur Einschaltung hinter dem Wasserleitungshahn. Gravdahl. — Nr. 184 529. Druckminderventil, Hübner & Meyer.

Selbstschlußventile.

In die Reihe der Sicherheitsvorrichtungen für Wasserversorgungsanlagen gehören auch die sogenannten „Selbstschlußventile“. Diese haben ebenso wie das in Fig. 296 (S. 188) besprochene Sicherheitsventil den Zweck, den Austritt von Wasser zu verhüten, wenn infolge eines Rohrbruches eine Druckentlastung im Rohrstrang eingetreten ist. Die Selbstschlußventile werden jedoch nicht in den Rohrstrang unterwegs eingebaut, sondern am Anfang desselben im Hochbehälter selbst oder direkt hinter der Umfassungswand in der Schieberkammer eines solchen. — Ihre Wirkung kann dann infolge der sehr kurzen bewegten Wassersäule eine fast momentane sein, ohne daß Zerstörungen an den eingebauten Teilen auftreten, und sie s o l l überhaupt nur eintreten, wenn ganz abnorme Wassermengen das Ventil passieren, um so das Auslaufen des Hochbehälters rechtzeitig aufzuhalten. Dieser abnorme Durchfluß ereignet sich nur durch Bruch der Hauptabflußleitung eines Hochbehälters und deshalb äußerst selten, da diese Hauptleitungen gewöhnlich mit großer Vorsicht verlegt sind. Demzufolge finden auch die Selbstschlußventile nur geringe Verwendung und ihre Wirkung bleibt größtenteils unbekannt. Es ist dies aber fehlerhaft, denn es sind in manchen großen Städten Rohrbrüche der Hauptverteilungsleitungen doch vorgekommen, so in Wien 1886 an einem der beiden Hauptstränge mit 960 Millimeter Durchmesser, in Köln 1893 an einem 800 Millimeter-Hauptrohr mitten in der Stadt, in Stuttgart 1898 an einem der beiden Hauptstränge von 550 Millimeter Lichtweite, in München 1906 und 1907 je an der 800 Millimeter weiten Hauptzuleitung.

Über die Wirkung des Wiener 960 Millimeter-Selbstschlußventils sagt S c h n e i d e r in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 74, daß sie „gut und sicher“ gewesen sei. Dieser

sogen. Armstrongschieber ist eine in das Hauptrohr eingebaute Drosselklappe, die im gewöhnlichen Betriebe längs der Rohrachse gestellt ist, und nur durch einen besonderen Apparat so gedreht wird, daß sie senkrecht steht und das Rohr abschließt. Der Apparat besteht aus einer Blechscheibe von ca. 400 Millimeter Durchmesser, die im 960 Millimeter-Rohr an einem langen Hebelarm in dem Strom mittels einer Sperrklinke erhalten wird; sobald aber die Wassergeschwindigkeit außergewöhnlich groß wird, bewegt sich die Scheibe um weniges mit dem Strom, die Sperrklinke löst sich und es tritt ein auf die Drosselklappenachse drehend wirkendes Gewicht in Tätigkeit, indem es herabsinkt und mittels Kette, die an einer Rolle auf der Achse befestigt ist, die Klappe zudreht [39]. In diesem Fall wurde der Reservoirinhalt in Wien 1886 vor dem Auslaufen geschützt.



Wie oben erwähnt, beruht die Wirkung der Selbstschlußventile auf der Druckäußerung eines bewegten Wasserstromes auf eine in dem Strome ruhende Fläche. Es soll nun im nachstehenden auf Grund bekannt

Fig. 297—302.
Selbstschlußventile verschiedener Bauart.

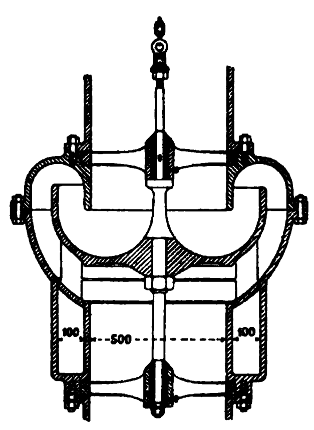


Fig. 297.
Vertikales Selbstschlußventil Genf.
(Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 1069.)

A Entlüftungsrohr.
B Umleitung zum Anfüllen der unterhalb liegenden Rohrstrecke.
a Bremskolben mit Preßwasserzylinder.

Maßstab = 1 : 70.

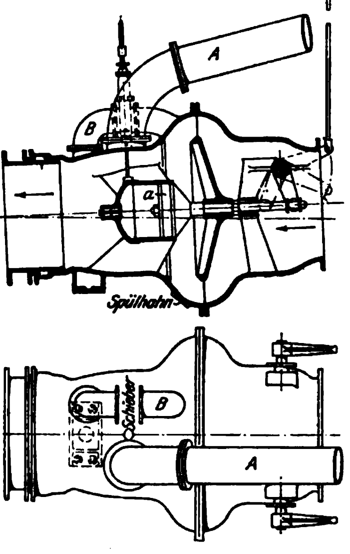
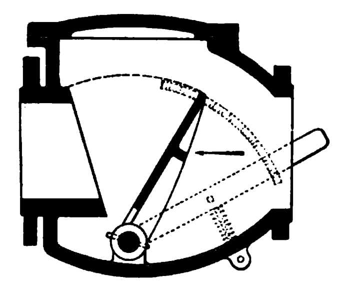


Fig. 298.
Horizontales bezw. schwach geneigtes Selbstschlußventil 1000 mm l. W. Luzern-Engelberg.
(Z. d. V. d. Ing. 1906, S. 1520.)



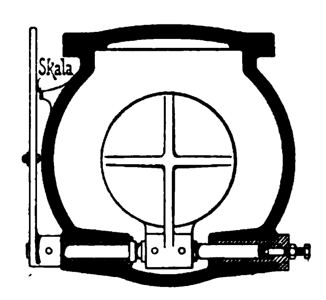


Fig. 299. Längsschnitt Fig. 300. Querschnitt
eines Selbstschlußventils mit Klappe.

gewordener Daten je eine Rechnung beispielsweise durchgeführt werden, um danach die Konstruktion irgend eines Systems von Selbstschlußventilen vornehmen zu können, oder die Auswahl unter den mancherlei vorhandenen Bauarten zu treffen.

Nach den hydraulischen Regeln bestimmt sich der Druck auf eine im bewegten Wasser ruhende senkrecht zur Stromrichtung stehende Fläche zu $P_{kg} = \gamma \cdot m \cdot F \cdot \frac{v^2}{2g}$. Hierin ist γ das

spezifische Gewicht des Wassers = 1000, m ein Formkoeffizient, der innerhalb weiter Grenzen (etwa von 0,45 bis 3,00) schwankt, F die Fläche, auf welche das bewegte Wasser senkrecht auftrifft, in Quadratmeter, $\frac{v^2}{2g}$ die Geschwindigkeitshöhe in Meter. Nimmt man bei einem 550 Millimeter-Rohr und 740 Liter sekundlicher Durchflußmenge (in Stuttgart 1898 mit 2000 Kubikmeter Wasserverlust aus dem Reservoir binnen ³/₄ Stunden) eine Geschwindigkeit von 3,12 Metersekunden an, so berechnet sich mit $m = 1$, $P = F \,.\, 500$ Kilogramm. Es würde demnach jeder Quadratzentimeter einer in das Rohr eingebauten, senkrecht zur Stromrichtung stehenden Fläche mit einem Druck von 0,05 Kilogramm belastet werden, der zur Betätigung der Selbstschluß-vorrichtung auszunutzen wäre.

In dem Hochbehälter der Stadt Genf ist ein Selbstschlußventil nach Fig. 297 mit 500 Millimeter Rohrweite eingebaut. Es wird mittels einer Kette und Gegengewicht in der Höhe gehalten, in welcher Lage es auch durch die Kraft des von unten kommenden Druckwasserstroms gesichert ist. Tritt jedoch infolge abnormen Wasserverbrauchs im Druckrohr eine rückläufige Bewegung der Wassersäule ein, so schließt das Ventil ab, sobald der vom abwärts fließenden Wasserstrom auf die Ventilfläche ausgeübte hydraulische Druck P das Gegengewicht zu überwinden vermag. Wegen beabsichtigten langsameren Schlusses ist die untere Ventilkolbenanordnung getroffen, die durch allmähliches Verdrängen des im Ringraume befindlichen Wassers ein langsames Sinken des Ventiles auf seinen Sitz bezwecken soll.

Um nun das nötige Gegengewicht für den Fall des obigen Beispiels berechnen zu können, wäre der Druck 500 Kilogramm mit der Ventilfläche von 550 Millimeter Lichtweite = 0,2375 Quadratmeter zu multiplizieren, woraus $P =$ rd. 120 Kilogramm als Gegengewicht folgt. Für den Auftrieb des Ventils im Wasser ist hier nichts abgezogen, da anderseits die oben um eine Rolle geschlungene Kette für das Gegengewicht einen hemmenden Einfluß ausübt. Bei der Bauart nach Fig. 298 würde nach dem gezeichneten Hebelverhältnis 1 : 5 ein Gewicht von 120 : 5 = 24 kg nötig sein. Das Gewicht ist verschiebbar und läßt sich auf eine bestimmte Wassergeschwindigkeit einstellen. Vgl. auch [42a].

Wird eine Bauart etwa nach Fig. 299 u. 300 gewählt, wie sie ähnlich in zahlreichen Modifikationen bei den Dampfselbstschlußventilen angewendet ist, so wirkt der eben berechnete hydraulische Druck von 120 Kilogramm in der Richtung des Pfeiles auf die Fläche der Rückschlagklappe, die durch einen Hebel von außen bewegt werden kann, was von Zeit zu Zeit geschehen soll, um sich von der Gangbarkeit des Apparates zu überzeugen. Da der hydraulische Druck konzentriert auf den Mittelpunkt der Klappe gedacht werden kann, so läßt sich am äußeren Hebel ein Gegengewicht oder eine Feder anbringen, die entsprechend dem Druck mehr oder weniger entgegenwirken. Das Gegengewicht muß dann so angebracht werden, daß es nicht mehr wirken kann, wenn die Klappe geschlossen ist, da es sonst in der äußersten offenen Lage fördernd statt hemmend eingreifen würde. Es wird dies dadurch erreicht, daß der Winkel, den die Klappe mit dem Gewichtshebel bildet, gleichgemacht wird dem halben Ausschlagwinkel der Klappe, so daß also bei geschlossener Klappe der Gewichtshebel senkrecht zur Rohrachse steht.

Wird eine Feder (Messingspiralfeder) angewendet, so läßt sich, da entsprechend der Beziehung $P = \gamma \,.\, m \,.\, F \cdot \frac{v^2}{2g}$ mit jeder Änderung von v auch P sich ändert, eine bestimmte Stellung der Klappe bei bekannter Federspannung zum voraus angeben und etwa auf einer Skala außen sichtbar machen, wie groß v oder die durchfließende Wassermenge pro Sekunde ist. Durch Eichung aus den meist sehr genau ermittelten Behälterinhalten läßt sich diese Skala sicherer empirisch feststellen und somit die Selbstschlußklappe auch als Wassermesser verwenden.

Es ist selbstverständlich, daß das Klappengehäuse Fig. 299 u. 300 einen solchen Querschnitt für den Durchfluß erhält, der trotz der eingebauten Klappe m i n d e s t e n s so groß ist, wie der lichte Rohrquerschnitt; ferner, daß die Drehzapfen und möglichst alle im Wasser befindlichen Teile von Bronze gefertigt werden, daß die Stopfbüchse für die nach außen dringende Drehspindel nur leicht angezogen wird, denn eine Klemmung wirkt hier auf Bremsung der Drehkraft. Am besten ist es, wenn gar keine Stopfbüchse mit im Spiel ist. Es läßt sich dies ähnlich den Corlißschieberspindeln bei Dampfmaschinen ausführen, wenn im Inneren des Gehäuses Fig. 300 der metallene Bund der Klappenspindel in eine Metallbüchse versenkt eingelassen, die Büchse selbst aber auf den vorstehenden Zapfen aufgeschliffen wird. Bei Dampfmaschinen dichtet diese Bauart, allerdings bei stets bewegter Spindel, gegen 8 bis 10 Atmosphären Dampfdruck ab, wogegen es sich hier meist nur um wenige Meter einer Wassersäule im Reservoir handelt, gegen die abgedichtet werden soll. Auch ist die Klappe mit der Spindel nicht immer in Ruhe, im Gegenteil, sie wird, wenn auch minimale, so doch immerwährende Drehbewegungen vor- und rückwärts ausführen, je nachdem der augenblickliche Durchfluß stattfindet, welcher bekanntlich stetig wechselt. Wird endlich die Klappe um die vertikale Achse drehbar angeordnet, wobei die untere Spindelspitze auf einem Körner läuft, so hat man in dem Selbstschlußklappenventil ein sehr empfindliches, zu Meß-

zwecken vorzüglich sich eignendes Instrument. Ein kombiniertes Absperrventil mit unter dem Ventil liegender Selbstschlußklappe ist unter Nr. 69 177 in Kl. 47 dem J. Rittscher in Berlin patentiert worden.

Weiter kann die Bewegung des Hebels in den äußersten Stellungen dazu benutzt werden, durch einen elektrischen Kontakt der Pumpstation oder dem Betriebsamte den Eintritt der Maximaldurchflußmenge, also einen Rohrbruch, mittels Alarmglocke zur augenblicklichen Kenntnis zu bringen. Denn in den seltensten Fällen wird durch Austreten einer gewissen Wassermenge der Ort des erfolgten Rohrbruches sofort offenkundig. Bei kiesigem Untergrund können fortgesetzt große Wassermengen in den Boden gelangen, ohne daß an der Erdoberfläche, zumal bei Pflaster oder Asphaltbelag, eine Veränderung zu bemerken wäre. Durch das außergewöhnliche Alarmzeichen aufmerksam gemacht, ist die verantwortliche Stelle dann verpflichtet, nach dem Schaden zu suchen.

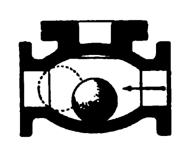


Fig. 301.
Selbstschlußventil mit Kugel.

Eine dritte Art von Selbstschlußventilen nach Fig. 301 bildet eine Metallkugel, die sich bei großer Durchflußgeschwindigkeit von dem Boden des erweiterten Ventilgehäuses nach der Austrittsöffnung hinbewegt und diese schließt. Bei dieser Anordnung kommt der berechnete hydraulische Druck nur teilweise zur Wirkung, da er sich mit dem Gewicht der Kugel zu einer Resultierenden zusammensetzt, deren Richtung auf die Mitte der Austrittsöffnung zuweisen muß. Mit der Rechnung ist hier nicht beizukommen und der Effekt dieses Selbstschlußventils kann nur ausprobiert werden.

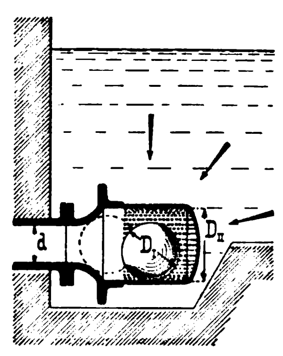


Fig. 302.
Selbstschlußkugelventil im Seiher von Behältern.

Am einfachsten wird die Anwendung der Kugel beim Abschluß der Ausflußöffnung unmittelbar im Behälter (Fig. 302), wo sie mit einem nur wenig schwereren Gewicht als Wasser im Ausflußseiher ihren Platz findet und bei den jährlichen Reservoirreinigungen besichtigt werden kann. Der Durchmesser der Kugel $D_{,}$ wird 1,5- bis 2mal größer genommen als der lichte Rohrdurchmesser d, der Seiherdurchmesser $D_{,,}$ 2,5- bis 3mal d. Da die Kugel nach eingetretenem Selbstschluß infolge des auf ihr lastenden Wasserdruckes fest angepreßt wird, darf sie nicht zu dünnwandig sein und falls aus Kupferblech erstellt, nicht unter $1\,^1/_2$ Millimeter stark; überdies muß sie gut verzinnt werden. Wird das Rohr von unten her mit den Pumpwerken oder durch eine Umgangsleitung frisch gefüllt, so löst sich die Kugel ohne weiteres von selbst ab.

Literatur
über Selbstschlußventile.

[39] Berkowitsch, A., Über Selbstschlußventile mit besonderer Beziehung auf das Konkurrenzausschreiben des Gemeinderates der Stadt Wien im Jahre 1878. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1879, S. 571. — [40] van Muyden, Obturation automatique des conduites d'eau. Gén. civ. 1899, S. 317. — [41] Haedicke, Gruppierung der bekanntesten Selbstschlußventile. Dingl. polyt. Journ. 1902, S. 186. — [42] Selbsttätiges Abschlußventil in Hochbehältern. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 413. — [42a] Die Hochdruckwasserleitung und das angeschlossene Kraftwerk der Stadt Nordhausen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1907, S. 1888.

Deutsche Reichspatente
für Selbstschlußventile.

Nr. 100 633. Selbstschlußventil. Schöller. — Nr. 100 897. Absperrventil. Meyerhoff. — Nr. 103 080. Selbstschlußventil. Kaye. — Nr. 105 325. Absperrventil. Seyboth. — Nr. 109 417. Selbstschlußventil. Schäffer & Budenberg. — Nr. 114 246. Absperr-, Rückschlag- und Selbstschlußventil. Niehaus. — Nr. 114 724. Selbstschlußventil. Evers. — Nr. 114 971. Selbstschlußventil. Martinelli. — Nr. 125 708. Rohrbruchventil. Reichling. — Nr. 184 530. Rohrbruchventil mit pendelndem Verschlußstück, Bazin.

Fußventile.

Diese bei Pumpenanlagen zum Anfüllen der Saugleitung mit Wasser unentbehrlichen Ventile, eigentlich Rückschlagventile, werden in verschiedenen Konstruktionen ausgeführt.

Die Fußventile werden mit Eisenrohrgewinde für 25 bis 75 Millimeter Lichtweite = 1 bis 3 Zoll engl. versehen bei Baupumpen und kleineren Handpumpenanlagen, nach Fig. 303 mit Flansche, Saugsieb aus verzinktem Eisenblech mit runden Löchern von 9 Millimeter lichtem Durchmesser für Rohrweiten von 40 bis 100 Millimeter Lichtweite, nach Fig. 304 für größere Lichtweiten mit gußeisernem Saugkorb.

Für kleine Lichtweiten genügen belederte Klappen zum Zurückhalten der Wassersäule; größere Fußventile bis 400 Millimeter Lichtweite erhalten lose aufliegende Paragummiplatten

Fig. 303–307. Fußventile.

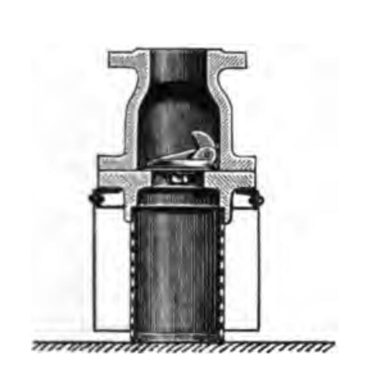


Fig. 303.
Fußventil mit Blechsieb und Mantel.

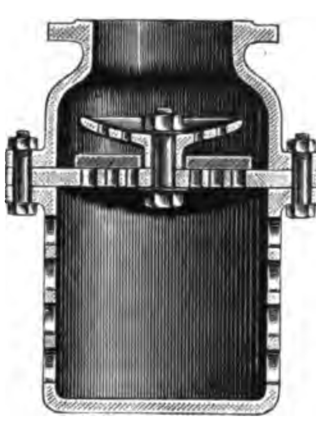


Fig. 304.
Fußventil mit gußeisernem Saugkorb.

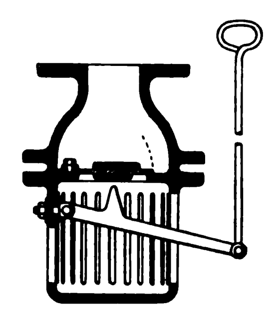


Fig. 305.
Fußventil mit Klappe und Hebelzug.

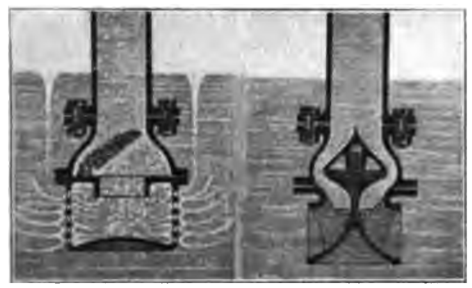


Fig. 306. Fig. 307.
Fußventile
mit Klappe mit Saugdüse
im Betrieb.

auf dem durchlöcherten gußeisernen Rost. Noch größere Fußventile müssen mit massivem Ventilteller mit Lederdichtung ausgeführt werden, um ein Durchdrücken des Gummis in den Rost zu verhüten. Diese großen Ventilgehäuse erhalten seitliche, mit Handlochflanschen verschraubte Zugangsöffnungen.

Die gußeisernen Saugkörbe sollen an den Umfassungswandungen runde Löcher von 10 Millimeter Durchmesser, oder Schlitze von 100 bis 150 Millimeter Länge und 10 Millimeter Breite haben; über 10 Millimeter Öffnung sollte man nicht gehen zur Vermeidung des Einziehens von Holzstücken u. s. w. Die Böden der Saugkörbe sollen nicht durchlocht sein, um den Sand nicht aufzuwirbeln, außerdem stehen schwere Saugkörbe mit ihren Böden auf gut untermauerten Sockeln auf. Um Schächte bis auf kleine Reste leerzupumpen, umgibt man den Saugkorb nach Fig. 303 mit einem oben dicht anschließenden Blechmantel, der nahezu bis auf die Schachtsohle reicht.

Oberhalb der Abschlußklappen wird das Gehäuse manchmal angebohrt und mit einem von oben zu bedienenden Absperrhahn versehen, um die Saugleitung bei Frost, längerem Stillstand u. dgl. entleeren zu können. Auch werden die Klappen in vielen Fällen mit eigenem Hebelzug von oben aus in die Höhe gedrückt, wodurch sich ebenfalls das Rohr entleert (Fig. 305).

Von der Firma H. Breuer & Cie. in Höchst a. M. werden die oben gezeigten Fußventile mit einem lichten Saugkorbquerschnitt = 4mal dem Durchgangsquerschnitt des Rohres, der Ventilquerschnitt = $1\,^1/_4$mal dem Rohrquerschnitt ausgeführt. Der Saugkorb erhält diese großen Abmessungen deshalb, weil eine Anzahl Löcher verstopft sein kann und die freie noch übrig gebliebene Wasserdurchlaßfläche noch hinreichen soll ohne zu große Vermehrung der Saugwiderstandshöhe das nötige Wasser durchtreten zu lassen.

Fig. 307 zeigt ein neues Fußventil, System Künzli, der Firma Beige & Künzli, Leipzig, welches die Nachteile der gewöhnlichen Bauart (Fig. 306) vermeidet, die darin bestehen, daß die geöffnete Klappe den freien Durchflußquerschnitt im oberen Halse der Fußventilkörper

wesentlich verengt. Die Verengung verursacht eine erhebliche Vermehrung des Saugwiderstandes in der Rohrleitung, welche Steigerung so weit gehen kann, daß bei geringer Tiefe des Saugwassers über der Klappe, also bei weit abgesenktem Saugwasserspiegel, wenn ohnedies die Saughöhe ihr Maximum erreicht, der Atmosphärendruck die Wasserdecke durchbricht und Luft miteingesaugt wird, wie in Fig. 306 angedeutet ist. Künzli hat die Klappe durch ein Ventil (Fig. 307) ersetzt, das sich im geöffneten Zustande an einen konzentrisch nach oben sich verjüngenden Kegelkörper stützt, wodurch für den Wasserdurchgang ein düsenförmiger, ringsum freier Raum geschaffen wird, der dem zutretenden Wasser nur einen unerheblichen Widerstand entgegensetzt. Dem in das Drahtsieb eintretenden Wasser wird mittels eines ringförmigen, nur durch die unvermeidlichen Tragrippen unterbrochenen Kanals diejenige Richtung vorgeschrieben, welche für das Passieren der kegelförmigen Ventilsitzöffnung erforderlich ist. Das Ventil selbst hat untere und obere zentrale Führung und auf der unteren Ventilfläche kegelförmige Ausrundung, so daß die Wasserführung eine vollkommen geschlossene wird.

Eine besondere Schutzvorrichtung für Saugkörbe (Fußventile) zum Entfernen von Fremdkörpern wurde unter Nr. 99 617 an Kromer patentiert.

Soll ein schlammhaltiger Behälter leergepumpt werden, so empfiehlt sich nach dem Vorgang von Dudeck & Lehmann, D. R.-P. Nr. 99716, das Fußventil mittels gelenkiger Rohrverbindung oder Schlauch und Schwimmer dicht unter dem Wasserspiegel zu halten.

d) Hähne.

Diese für kleine Flüssigkeitsmengen und besonders für warmes Wasser sich eignenden Absperrvorrichtungen sind in zwei getrennte Sorten zu scheiden: die eigentlichen Hähne (Durchgangshähne, Reiberhähne oder Kükenhähne) und die Ventilhähne (Niederschraubhähne, Druck- oder Ziehhähne). Bei den eigentlichen Hähnen ist das Leitungsrohr an der Stelle, an welcher der Abschluß stattfinden soll, etwas erweitert, um einen konischen drehbaren Zapfen aufzunehmen, den Reiber oder das Küken, welcher die Durchflußöffnung in mancherlei Formen enthält. Steht die Durchflußöffnung in der Richtung des Rohres, so ist der Durchgang frei, steht sie quer zum Rohr, so ist der Hahn geschlossen. Um leicht und mit Sicherheit von außen zu erkennen, ob ein Hahn offen oder geschlossen sei, ist der Reiber außen am Kopf oder an der Spitze mit einem Strich versehen, außerdem bei Griffhahnen mit dem Handgriff, welcher sich in der gleichen Richtung befindet wie die Öffnung im Reiberinneren. Es gibt, wie bei den Ventilen, gerade Richtung des Stromes gestattende Hähne, „Durchgangshähne", dann „Eckhähne", die den Durchfluß um 90 Grad ablenken, Dreiweghähne und solche mit hohlen Küken, die den Strom aus einer horizontalen in die vertikale Richtung leiten und welche auch als Eckhähne dienen können. Hähne größeren Kalibers bis 100 Millimeter sollen am Konusende je ein kurzes Stück zylindrische Fortsetzung haben, damit sie beim Nachschleifen tiefer in das Gehäuse eindringen können. Hähne, bei denen ein höherer Grad von Dichtheit verlangt wird, sind am kleineren Kükenende geschlossen und am größeren Kükenende mit Stopfbüchse versehen, sogenannte „Stopfbüchsenhähne". Abweichend von den Schiebern und Ventilen sind die Hähne wegen eines leichteren Ganges stets in fettigem Zustand, der Reiber gut geschmiert, einzubauen und nach Möglichkeit auch im Betrieb öfter zu schmieren. Es bestehen, besonders für Wasserstandsgläser eigene Konstruktionen von schmierbaren Hähnen. Trägt das Küken einen Griff oder Hebel, so soll dieser stets so gerichtet sein wie die Öffnung im Küken, um den Hahnstand von weitem schon zu erkennen, wie bereits bemerkt. Eine Ausnahme bilden manche Ablaßhähnchen bei Dampfkesseln (Wasserstandszeigern), um beim Öffnen des Hahns nicht verbrüht zu werden, wenn der Griff mit der Hand dem Auslaß zu nach unten gedreht wird. Die Ventilhähne oder Niederschraubhähne gehören eigentlich zu den Ventilen, da sie mit ihnen die gemeinschaftliche Charakteristik der Ventilplatte, die mittels Hebel oder Schraube auf den Sitz gepreßt wird, teilen. Sie sind jedoch im folgenden — in Rücksicht auf den allgemein

verbreiteten Namen — mit unter den Hähnen aufgeführt. Die Druck- oder Ziehhähne sind Rohrventile, welche bei den Ventilen besprochen wurden.

Die Kaliberhähne sind eine veraltete Einrichtung, die aus den Zeiten stammt, wo es noch keine oder sehr wenige Wassermesser gab; sie hatten meist den Zweck, an Private, und zwar in der Regel an solche, welchen bei Einführung der öffentlichen Wasserversorgung die Hausbrunnen geschlossen oder abgekauft wurden, eine ihren Zwecken angepaßte, vereinbarte Wassermenge in ständigem Auslauf abzugeben. Dies wurde erreicht durch Einfügen einer „kalibrierten", d. i. mit einer durch Ausprobieren gefundenen kleinen Öffnung versehenen Blechscheibe zwischen die Hahnverbindungen, oder durch Feststellen und Plombieren des Hahnkükens nach gefundenem richtigen Wasserdurchlaß. Öffentliche Brunnen und Auslaufständer werden stets auf die zuletzt beschriebene Weise einreguliert. Die Durchflußmenge wird mit einem gewöhnlichen Litergefäß in der bestimmten Zeit gemessen.

Kegelhähne (Reiberhähne, Kükenhähne). In Fig. 308 zeigen wir den gewöhnlichen Kegelhahn. Gehäuse und Reiber sind am besten aus gleichem Metall zu wählen, wegen der Ausdehnung bei Temperatursteigerung. Gußeisen ist für Wasser auszuschließen, da Rostbildungen im Gehäuse auch einen Bronzekegel verderben, wenn sie beim Öffnen und Schließen zwischen die Schleifflächen gelangen. Die untere Reibscheibe sitzt auf einem Vierkant des Kükens, um sich selbst und dadurch die Hahnmutter vor Aufdrehung und Lockerung zu schützen. — Der Stopfbüchsenhahn (Fig. 309) ist für hohen Druck geeignet unter Zuführung von Schmiermittel durch das hohlgebohrte Küken auf die Schleifflächen. Er kann auch ohne die untere Scheibe und Mutter mit unten geschlossenem Gehäusekonus ausgeführt werden. Dann erhält das obere Kükenende den Anschlag für die Begrenzung der beiden Endstellungen. Als Packung ist getalgte Schnur oder Hanfzopf anzuwenden. — Fig. 310 stellt einen Einlaufhahn für Hausanschlüsse dar. Dieser Hahn kann für Bleirohrverbindung verwendet werden. Die untere Stellschraube dient zum Einstellen eines reibungsfreien, aber genügend dichten Ganges. Die Einbaugarnitur besteht wie bei Schiebern (vgl. Fig. 261, S. 168) aus Schutzrohr, Gestänge und Straßenkappe. Auf dem obersten Vierkant des Gestänges in der Straßenkappe ist ein Strich deutlich sichtbar einzuschleifen. der die Richtung der Durchflußöffnung im Küken anzeigt.

Einen Kegel-Durchlaufhahn mit Schlauchverschraubung und Flanschanschluß zeigt Fig. 311. Der Hahn ist in der Ansicht, die Schlauchverschraubung im Schnitt dargestellt. Die Überwurfmutter hat dasselbe Sechskant wie der Hahn; an dem Sechskant des Hahns wird mit dem Schraubenschlüssel gegengehalten, wenn das Schlauchgewinde angezogen wird. Dadurch erhält das Hahngehäuse keine schädliche Verdrehung. Einen Kegel-Durchlaufhahn mit doppelter Schlauchverschraubung stellt Fig. 312 dar. Der linke Teil des Hahns trägt Innengewinde zur Aufnahme des mit Außengewinde versehenen Schlauchendes; der rechte Teil trägt das Außengewinde für die Überwurfmutter des anderen Schlauchendes. Beim Anziehen der Überwurfmutter ist immer das nächstliegende Sechskant festzuhalten, um das Hahngehäuse nicht zu verdrehen. — In Fig. 313 ist ein Kegel-Durchlaufhahn mit Ansatz für Bleirohr und mit Schlauchverschraubung ersichtlich gemacht. Der linke Teil des Hahns dient zum Auflöten eines Bleirohres, der rechte Teil trägt das Außengewinde für die Überwurfmutter des Schlauchendes. Beim Anziehen der Überwurfmutter ist wie bei den vorigen Hähnen stets das nächstliegende Sechskant festzuhalten, um das Hahngehäuse nicht zu verwinden.

Der eigentümliche Hahn Fig. 314, D. R.-P. Nr. 67 507 (Hölzer), dient zur Entleerung oder Füllung zweier Gefäße entweder gleichzeitig oder nacheinander. Durch die beiden seitlichen Rohrstutzen strömt die Flüssigkeit in den hohlen Kükenraum ab. In der gezeichneten Stellung kann aus beiden Gefäßen gleichzeitig abgelassen werden. Soll die Entleerung nur aus einem Gefäße stattfinden, so ist das Küken um 90 Grad zu drehen. Wenn das Kükenende mit einer Flansche verschlossen wird, so kann dieser Hahn auch als gewöhnlicher Durchgangshahn zur Verbindung zweier Räume benutzt werden. Um die Durchflußöffnung etwas größer zu gestalten, ist das Küken gegen das Gehäuse seitlich aus der Mitte gerückt. — Der Kegelhahn Fig. 315, D. R.-P. Nr. 73 714 (Keßler) hat gegenüber einem gewöhnlichen Kükenhahn eine das Küken dicht umschließende gespaltene Büchse, welche die eigentliche Absperrung bewirkt und bei mangelnder Dichtheit nachgeschliffen werden kann. Ist ein Nachschleifen nicht mehr möglich, so braucht man nur diese Büchse neu auszuwechseln; der innere Reiber mit Vierkant, Gewinde und Mutter, ein verhältnismäßig kostspieliges Stück, kann stets wieder verwendet werden. Ein am oberen Kükenrand eingesetzter Stift bezweckt sowohl die Mitnahme der Büchse als auch die Begrenzung des Kükens in seinen beiden Endstellungen „Offen" und „Zu". Einen Kegel-Auslaufhahn mit Flanschanschluß

zeigt Fig. 316. Dieser Hahn findet Verwendung zur Entleerung von Gefäßen oder Leitungen unmittelbar ins Freie, wo eine Weiterführung des Abwassers nicht geboten ist. — Der in Ansicht dargestellte Kegel-Durchlaufhahn mit einerseits Flanschenanschluß, anderseits Schlauchverschraubung, Fig. 317, ist identisch mit jenem Fig. 311. Beim Festziehen der Überwurfmutter, das mangels eines Sechskantes mit dem Hammer geschieht, ist das nächstliegende Hahnensechskant mit dem Schraubenschlüssel festzuhalten, da sonst Verwindungen des Hahngehäuses und daher

Fig. 308–318. Durchgangshähne verschiedener Bauart.

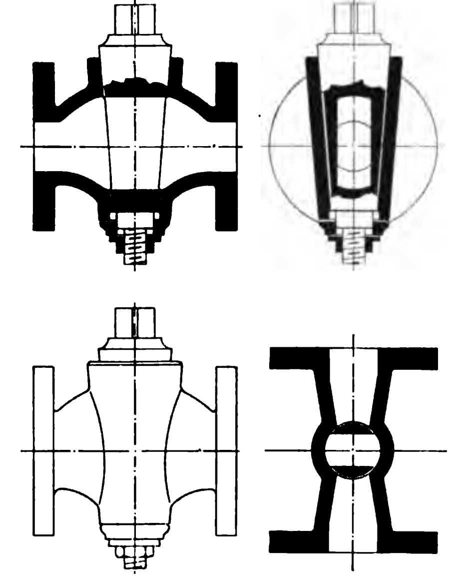


Fig. 308. Gewöhnlicher Kegelhahn.

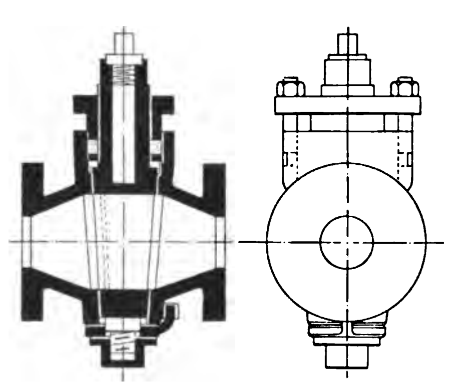


Fig. 309. Stopfbüchsenhahn.

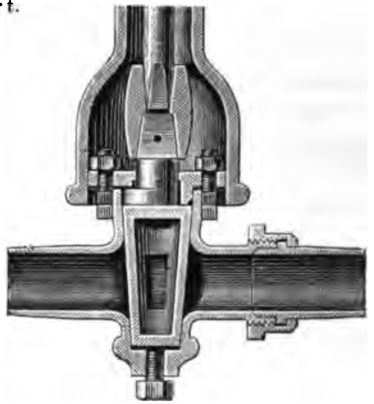


Fig. 310. Einlaufhahn Dehne für Hausanschlüsse mit Einbaugarnitur.

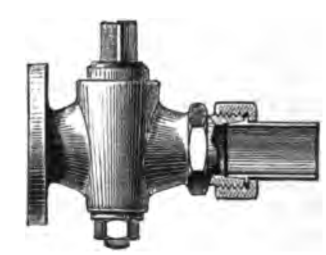


Fig. 311. Hahn mit Schlauchverschraubung und Flansche.

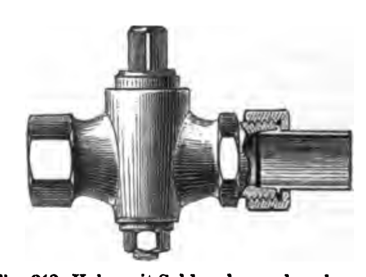


Fig. 312. Hahn mit Schlauchverschraubung und Muttergewinde für Eisenrohranschluß.

Undichtheiten zu gewärtigen sind. — Fig. 318 zeigt einen Druckleitungshahn, D. R.-P. 120 552 (Schöche). Um bei hohen Leitungspressungen den Flächendruck auf das geschlossene Kükenende aufzuheben, so daß der Hahn nur auf Dichtheit eingestellt zu werden braucht, ist das Küken mittels zweier Druckscheiben und zwischengelegter Stahlkugeln, welche die gleitende Reibung in minder hemmende, rollende Reibung umsetzen, an die Einsteckmutter-Deckscheibe gepreßt. Der Hahn ist in der gezeichneten Anordnung als Eckhahn angenommen; er kann jedoch auch als Durchgangshahn ausgebildet werden.

Ventil-Auslaufhähne. Hinsichtlich Benennung dieser Hähne verweisen wir auf das eingangs Gesagte.

Gewöhnliche Auslaufhähne. In den Fig. 319 u. 320 ist der Ventilhahn Patent Deutz & Zirkwitz Nr. 118 853 und 124 224 dargestellt. Die Erfinder dieser beiden Ventilhähne gingen von dem Bestreben aus, das Auswechseln der Lederscheiben (vgl. Fig. 323 u. 324) dadurch zu umgehen, daß die Dichtungsplatte von Metall gemacht wird und mit der Spindel nur lose zusammenhängt. Aus den Fig. 319 u. 320 ist ersichtlich, wie die Dichtungsplatte sich an einer nach unten verlängerten Spindelführung zentriert. Bei Fig. 319 erfolgt die Führung durch einen

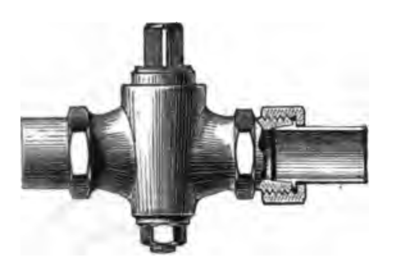


Fig. 313. Hahn mit Schlauchverschraubung und Zapfen für Bleirohranschluß.



Fig. 317. Auslaufhahn mit Schlauchverschraubung.

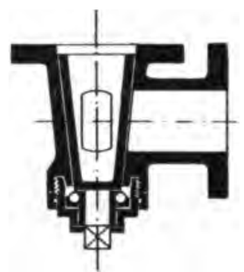


Fig. 318. Eckhahn nach Schöche.

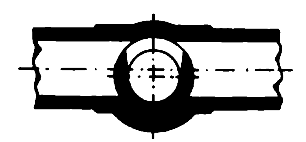


Fig. 314. Hahn nach Hölzer.

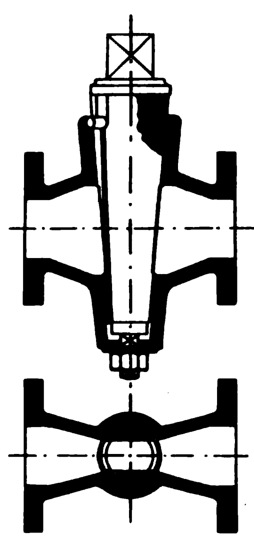


Fig. 315. Hahn nach Keßler.



Fig. 316. Auslaufhahn mit Tülle.

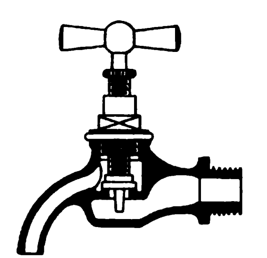
Kegelfortsatz der Spindel. Die Platte wird durch den Wasserdruck stets nach oben, also an die Spindelscheibe gedrückt, wie Fig. 320 bei geöffnetem Hahn erkennen läßt. Bei dieser Anordnung ist die Führung der Dichtungsplatte gebildet durch eine bandartig von der Spindelscheibe herabhängende Schleife.

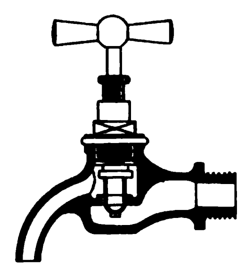
Fig. 321 zeigt einen Niederschraub-Auslaufhahn. Diese als Ventil wirkende Wasserablaufeinrichtung hat von einem Hahn nur den Namen und die Auslauftülle. Der Abschluß erfolgt durch Niederdrücken einer zwischen das Gehäuse gespannten Dichtungsplatte *o*, welche unter Vermittlung der Deckscheibe *f* durch die Griffschraube mit Innengewinde auf den Ventilsitz gepreßt wird. Die Schraubenspindel dreht sich hier nicht, da die Führungen am Gehäuseoberteil die Deckplatte *f* und die mit ihr festverbundene Spindel daran hindern. In Fig. 322 ist das Auslaufventil Chameroy dargestellt. Durch Niederdrücken des Hebels mit dem Daumen werden die Doppelkolben *o* und *i* sowie das Ventil *v* abwärts bewegt, hierdurch Luft oberhalb den Kolben *o* gesaugt und das Ventil geöffnet. Beim Loslassen des Hebels drückt die Feder *f* von unten im Vereine mit dem Wasser auf das Ventil, dieses schließend, während die beim Öffnen eingesaugte Luft oberhalb des Kolbens *o* durch den geringen Spielraum an der Wand des oberen Zylinders langsam entweicht, infolgedessen das Ventil auch sanft schließt. Fig. 323 zeigt den gewöhnlichen Niederschraubhahn mit Lufteinlaß. Die beim Drehen des Griffes mit diesem steigende Schraubenspindel hebt das an ihrem unteren Ende angebrachte Ventil, eine Lederscheibe, von seinem Sitz beim Öffnen und preßt es wieder darauf beim Schließen. Wenn die Zuleitung bei Frost entleert wird, öffnet sich die im Gehäuseunterteil liegende kleine Gummikugel *K*, um Luft in die Leitung einzulassen.

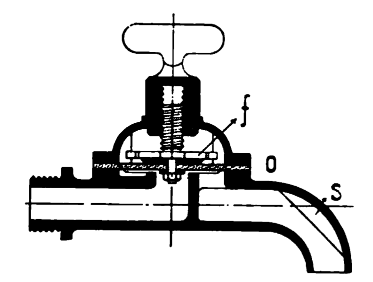
Hier wie überhaupt bei sämtlichen Ventilhahnen ist *s* eine in die Auslauftülle eingegossene Rippe, welche die Zerstreuung des Wasserstrahls hindern soll. S. hierüber bei Druckfänger S. 201.

In Fig. 324 bringen wir den gewöhnlichen Niederschraubhahn, d. h. den am meisten gebräuchlichen Küchenhahn, mit Lederscheibe unter dem Ventilteller *V*. Die Lederscheibe soll mit der Haarseite auf die Sitzfläche drücken, nicht mit der Fleischseite, da diese weicher ist und sich leichter eindrückt und abnutzt. Gegen das etwas lästige Abstellen der ganzen Steigleitung in einem Miethause beim Auswechseln irgend einer Lederscheibe hilft nur das Einschalten eines kleinen Durchgangshahns vor den Zapfhahn. Ferner hat Moeres (D. R.-P. Nr. 111 455) einen eigenen Reparaturverschluß erfunden, der mit dem Zapfhahn direkt verbunden werden kann.

Zum Schlusse sei noch der Ventilhahn Fig. 325 von Joh. Buhl, Schwäbisch-Gmünd erwähnt. An jedem der bekannten billigen Küchenhähne *a* läßt sich durch die gezeichnete Erfindung eine Verbesserung desjenigen Übelstandes bewirken, welcher durch öfteres starkes Zuschrauben des Ventils infolge Nachgiebigkeit des meist ledernen Abdichtungsringes entsteht und sich in Tropfen. Rinnen des Ventils und bei höheren Pressungen durch Brummen der Rohrleitung wegen Flatterns des defekten Leders bemerkbar macht. Auf den Sitz *b*, der sonst zur Abdichtung dient, wird die in







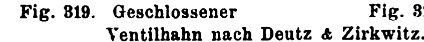


Fig. 319. Geschlossener Fig. 320. Geöffneter Ventilhahn nach Deutz & Zirkwitz.

Fig. 321. Niederschraubhahn.

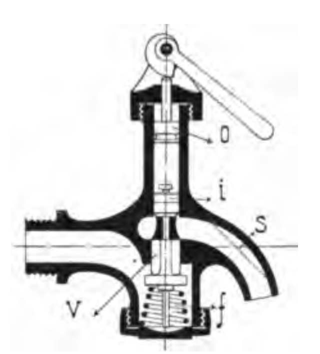


Fig. 322. Auslaufventil nach Chameroy, geöffnet.

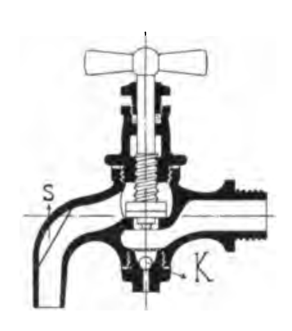


Fig. 323. Küchenhahn mit Lufteinlaß, geschlossen.

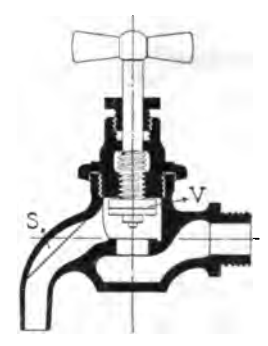


Fig. 324. Gewöhnlicher Küchenhahn, geöffnet.

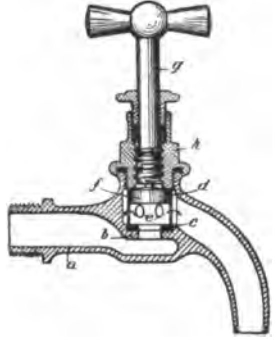


Fig. 325. Ventilhahn nach Buhl, geöffnet.

Fig. 319—325. Ventilhähne verschiedener Bauart.

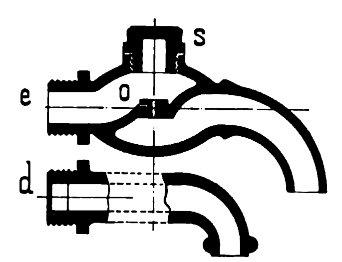


Fig. 326. Kaliberhähne.

eine bei *e* durchlöcherte Hülse (Zwinge) *d* gepreßte elastische Dichtung *c* mittels des Ventiloberteils *h* festgedrückt, so daß die Dichtung nach dem äußeren Rande nicht ausweichen kann. Die am Ventilkegel *f* hängende alte Lederscheibe wird nunmehr, weil sie auf einen elastischen Sitz zu liegen kommt und nicht mehr auf den mehr oder weniger ausgefressenen scharfen Metallsitz, beim Gebrauch ihre Form weniger leicht verändern, zumal die Ventilspindel *g* sanfter zugeschraubt werden kann. Um ein Verengen der lichten Durchflußöffnung zu vermeiden, empfiehlt es sich, die elastische Dichtung im Lichten um etwas größer herzustellen, als die Öffnung im Metallsitz, so daß ein etwaiges Ausweichen des elastischen Materiales nach dem inneren Rande nicht schadet. Bei neuen Hähnen

kann ein erhöhter Rand (etwas niederer als die Dichtung) diesem Umstand von vornherein begegnen.

Kaliberhähne. Wie erwähnt, werden diese Hähne für bestimmte und ständig laufende Mengen Wassers auf Grund einer Eichung am Ende der Leitung angebracht. Fig. 326 zeigt oben eine im Inneren des Gehäuses sitzende, mit entsprechender Öffnung *o* versehene Scheibe (Diaphragma), die durch die Kopfschraube *s* eingebracht wird. Unten zeigt die Figur diese Scheibe *d* am Eintrittsende *e* des Gehäuses in einfacherer Anordnung. Das Kalibrieren wird in der Regel so vollzogen, daß die Lochgröße im Diaphragma — wie eingangs erwähnt — durch Probieren (allmähliche Vergrößerung des Lochs mit der Reibahle) für normale Druckverhältnisse und das vorher bestimmte Auslaufquantum bestimmt wird. Die Einrichtung hat den Nachteil, daß alle zutreibenden Unreinigkeiten vor der Lochscheibe liegen bleiben; in der Rohrleitung unmittelbar vor der Lochscheibe sollte sich deshalb stets noch ein Durchgangshahn befinden, um beim Reinigen den Betrieb nicht abstellen zu müssen. Derartige Lochscheiben werden auch als Druckfänger (vgl. S. 201) benützt; als solche sind sie z. B. beim Hofwasserwerk Karlsruhe seit 1867 im Gebrauch.

Selbstschlußhähne. Diese bei vielen Wasserleitungen verbreiteten relativ teuren Einrichtungen sollen Wasservergeudung durch Offenstehenlassen des Auslaufes verhindern. Ihre Anwendung ist also dort angezeigt, wo das Wasser an die Abonnenten à discrétion abgegeben wird. Erfolgt die Wasserabgabe auf Grund direkter Messung, so verbieten sich Selbstschlußhähne — ganz abgesehen von ihrer großen Empfindlichkeit, die häufige Reparaturen im Gefolge hat — schon durch ihren hohen Preis gegenüber den einfachen und billigen Auslaufhähnen, wie sie in den Fig. 319 bis 326 abgebildet sind. Übrigens geht in der Praxis der Vorteil der Selbstschlußhähne vielfach dadurch verloren, daß Abnehmer ohne Gerechtigkeitsgefühl den geöffneten Hahn festbinden und dann ständigen Auslauf von beliebig langer Dauer hervorrufen können.

In Fig. 327 ist der Selbstschlußhahn System Bach-Knaust dargestellt. Beim Hineindrücken des Handknopfes wird das Ventil mit der abgefasten Ventilspindel *o* von seinem Sitz *s* gelöst und der am Ventilzapfen befindliche Kolben *n* wird in den Zylinder *m* hineingeschoben, indem er langsam aus diesem das vorhandene Wasser preßt. Das Leitungswasser strömt durch Löcher zu, die um *m* herum angebracht sind. Das Ventil *s* ist kolbenartig über seiner Sitzfläche geführt, so daß beim Loslassen des Knopfes der Leitungsdruck auf diesen Ventilkolben wirkt, dadurch das Ventil zum Schluß bringt, während gleichzeitig aus dem unmittelbar das Ventil umgebenden Raum das Wasser erst verdrängt werden muß. Der Hahn öffnet und schließt also langsam und ohne Stoß, denn einerseits wird Wasser zwischen Kolben *n* und seiner Zylinderwand verdrängt, anderseits zwischen Kolben *s* und seiner Zylinderwand, auch wird beim Schluß noch Wasser in den Raum *m* gesaugt.

Eine große Anzahl anderer Selbstschlußhähne findet man abgebildet und ausführlich beschrieben in der Abhandlung von A. Berkowitsch, Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1879, Bd. 22, S. 571 ff. (vgl. auch das Patentverzeichnis S. 204).

Zu den Selbstschlußhähnen gehören auch die sogenannten **Kugelfallhähne**, deren selbsttätiger Abschluß durch ein Gewicht (Kugel) erfolgt, welches am Ende eines an der Ventilspindel (bei Kegelhähnen am Kegel) befestigten Hebels angebracht ist, ähnlich wie bei den Schwimmerventilen (s. S. 209).

Nachfolgende häufiger gebrauchte **Konstruktionen besonderer Art** mögen noch erwähnt werden.

Fig. 328 zeigt den Auslaufhahn Roover mit Hebel. Zieht man an dem Hebel nach vorne, so gleitet der Kolben in der Stopfbüchse zurück, die Durchgangsöffnungen werden frei und der Hahn ist geöffnet; läßt man den Hebel los, so schließt sich der Hahn durch den Wasserdruck sanft, da der Kolben fest von der Stopfbüchsenpackung umschlossen ist. Je nach dem Wasserdruck und dem gewünschten schnellen Abschluß wird die Stopfbüchse eingestellt. Die Packung ist hier in Vaseline getränkter feiner Hanf. Die Figur links zeigt den Hahn in geschlossener, die Figur rechts in offener Stellung. In Fig. 329 ist der Auslaufhahn Roover mit Griff dargestellt. Beide Figuren zeigen den Hahn in geöffneter Stellung. Der durchlöcherte Kolben steht hier fest, über ihn gleitet das Hahngehäuse vor- und rückwärts. Soll der Hahn geschlossen werden, so wird das Hahngehäuse am Griff nach vorne gezogen, die Stopfbüchse verschließt dann die Öffnungen im Kolben. Der Wasserdruck hilft hier nur wenig beim Schließen mit. Behufs Öffnen soll unter abwechselndem Rechts- und Linksdrehen der Griff nach hinten gedrückt werden. Fig. 330 zeigt Houbens Selbstschlußhahn (nach Roover). Für hohen Wasserdruck eignet sich dieser Hahn insofern, als der Kolben nicht direkt im Zuleitungsrohr, sondern in einer besonderen Wasserkammer liegt, in welche das Wasser erst nach Passieren einer etwas lose mit Baumwollenkordel (ohne Fettzusatz) gefüllten Stopfbüchse eintreten und auf den Kolben wirken kann. Die Durchflußöffnungen für das Wasser sind sowohl am Umfang einer den Kolben umgebenden Rohrhülse als im Kolben selbst angebracht. Beim Öffnen des Hahns (linke Figur) wird der Kolben in die Wasserkammer hineingedrückt, hier einen Teil des Wassers daraus verdrängend. Nach Schluß (rechte Figur) treten die Kolbenlöcher in

die äußere mit feinem Hanf in Vaseline gedichtete Stopfbüchse ein, wo sie von der Packung verdeckt werden.

Fig. 331 stellt den Eckauslaufhahn Roovers dar. Roovers Hähne haben weder Konus noch Ventil, sondern ein mittels Hebel in einer Stopfbüchsenpackung verschiebbares Rohr mit Löchern in der Rohrwand, welche im geschlossenen Zustand des Hahns (linke Figur) in der Packungszone münden, im offenen Zustande (rechte Figur) oberhalb derselben, und dadurch

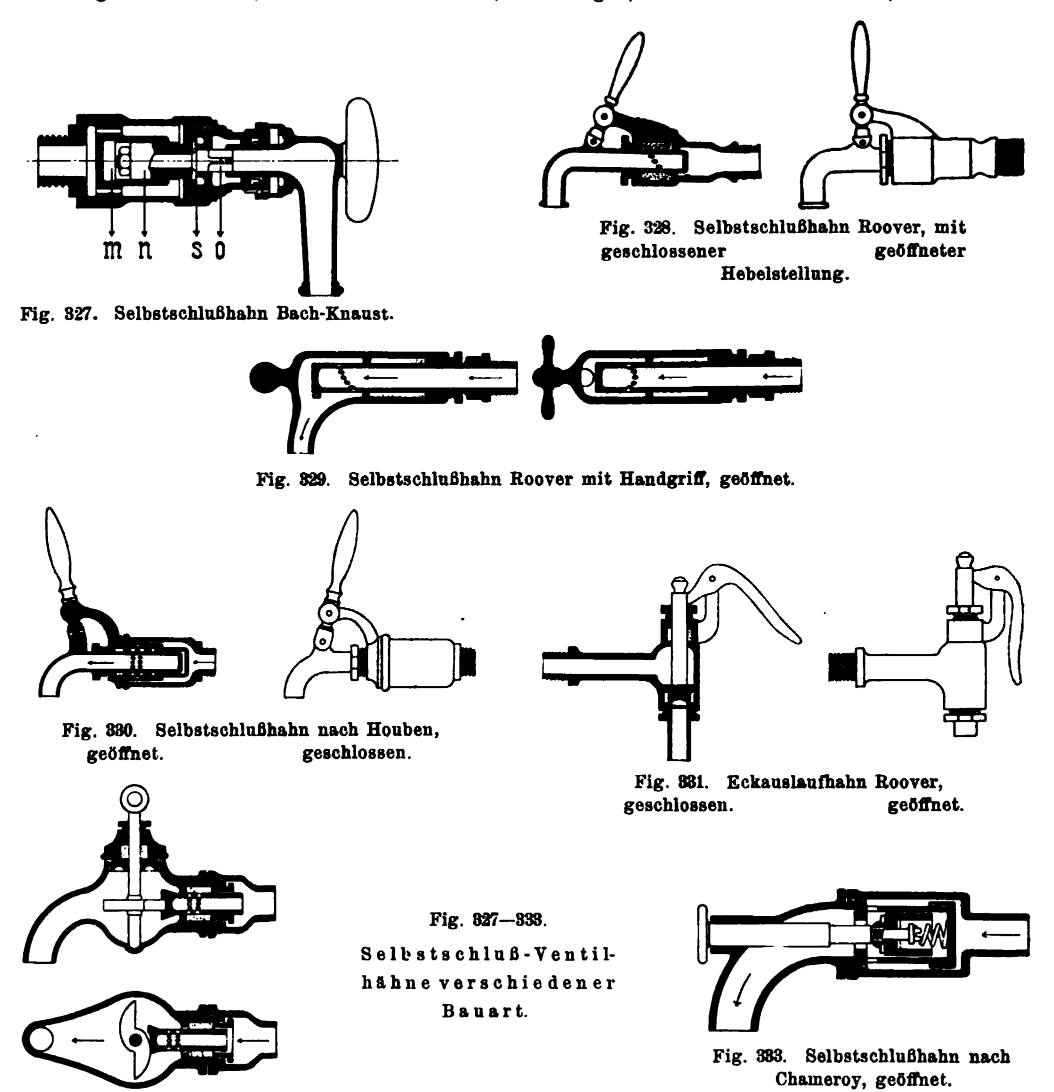


Fig. 327. Selbstschlußhahn Bach-Knaust.

Fig. 328. Selbstschlußhahn Roover, mit geschlossener geöffneter Hebelstellung.

Fig. 329. Selbstschlußhahn Roover mit Handgriff, geöffnet.

Fig. 330. Selbstschlußhahn nach Houben, geöffnet. geschlossen.

Fig. 331. Eckauslaufhahn Roover, geschlossen. geöffnet.

Fig. 327—333. Selbstschluß-Ventilhähne verschiedener Bauart.

Fig. 332. Rapidhahn nach Roover.

Fig. 333. Selbstschlußhahn nach Chameroy, geöffnet.

Wasser ausströmen lassen. Die Rohrlöcher sind also einmal durch die Packung (Hanf in Vaseline) verdeckt, das andere Mal offen. Beim Drücken auf den Hebel wird der Rohrkolben hochgezogen und der Hahn geöffnet.

Fig. 332 zeigt den Rapidhahn von Roover. In der oberen Figur sieht man den Rapidhahn in geschlossener, in der unteren Figur in offener Stellung. Beim Öffnen wird mittels Drehen der Doppeldaumen je eine Spitze des Daumens von dem kolbenartigen Rohr entfernt, das Wasser drückt auf den Boden des Rohrs, schiebt es mit seinen Löchern in der Packung vorwärts, so daß Wasser ausströmen kann. Beim Schließen wird im umgekehrten Drehsinne mit dem Daumen das durchlöcherte Rohr in die Packung zurückgeschoben und die Ausflußlöcher verdeckt. Durch das vom Wasserdruck veranlaßte schnelle Öffnen sollen Wassermesser einen kräftigen Impuls erhalten, so daß sie auch kleine Zapfmengen registrieren.

Fig. 333 stellt den in Frankreich sehr verbreiteten Auslaufhahn Chameroy geöffnet dar. Es ist dies ein Ventil, welches mittels Druckknopfes von seinem Sitz entfernt und in ein ziemlich passend umschließendes Gehäuse hineingeschoben wird. In der Nähe des Ventilsitzes hat das Gehäuse am Umfang mehrere Löcher, durch die Wasser ausströmt. Wird der Druckknopf losgelassen, so schließt sich das Ventil unter Einwirkung einer Feder sehr langsam, ohne Stoß, da es mit seinem kolbenähnlichen Ventilteller erst etwas Wasser in das Gehäuse saugt.

Die Auslaufhähne sind in der Wasserversorgung der in größter Zahl notwendige Gebrauchsgegenstand; der Preis derselben spielt deshalb eine große Rolle und es sollten sich dies alle Erfinder neuer Konstruktionen in erster Linie gegenwärtig halten. Vielfach werden von den Wasserwerksdirektionen bestimmte Systeme vorgeschrieben, die den besonderen Verhältnissen am betreffenden Orte angepaßt sind; von diesen Behörden werden dann auch die Preise der betreffenden Ausführungen, die gewöhnlich in Musterstücken ausgelegt sind, bekanntgegeben. Das verwendete Material ist in der Regel Messing oder Bronze, bei eleganteren Ausführungen Nickel.

Druckfänger (Strahlregler) **für Auslaufhähne.** Bei Zapfstellen mit hohem Druck macht sich die unerwünschte Erscheinung bemerklich, daß das Wasser mit großem Geräusch unter Umherspritzen und Zerstäuben zum Austritt gelangt, vgl. Fig. 334. Bei Pressungen von 6 Atmosphären aufwärts wird in Privathäusern mit mehreren Stockwerken auch das Geräusch der in den schmiedeisernen Leitungen sausenden Wassermasse geradezu störend. Der Grund liegt zunächst in der überflüssigen Menge des bei dem hohen Druck zur Ausströmung gelangenden Wassers, da die Lichtweite der handelsüblichen Auslaufhähne für alle Zapfstellen, ob Hoch- oder Niederdruck, $\frac{1}{2}$ Zoll engl. = rund 12 Millimeter beträgt. Durch eine 12 Millimeter weite Öffnung strömt bei 6 Atmosphären Wasserdruck mit einer theoretischen Geschwindigkeit von $v = \sqrt{2\,g\,h} = 4{,}43\,\sqrt{60}$ = rund 34 Meter pro Sekunde eine Wassermenge aus $= v \,.\, f = 340 \,.\, \pi \,.\, 0{,}06^2$ = rund 3,5 Liter. Ein untergehaltenes Gefäß, z. B. ein Krug mit 2 Liter Inhalt füllt sich in 2 : 3,5 = nahezu einer halben Sekunde, ein Kücheneimer mit 12 Liter Inhalt in 3,5 Sekunden. Die Folge ist zunächst ein unerwünschtes Geräusch in den Steigleitungen, wo sich an jedem Winkel oder Abzweig das Wasser stößt und Vibrationen erzeugt, in zweiter Linie, beim Schluß des Zapfhahnen, ein Stoß in der Zuleitung, der z. B. Bleirohre zerreißen, und wenn sie mit Stahldraht umwickelt sind, zwischen den Wickelungen Ausbauchungen des Rohres erzeugen kann, Flanschendichtungen lockert u. s. w., ganz abgesehen von dem überaus lästigen Spritzen beim Einlauf in untergehaltene Gefäße.

Man hat in manchen Haushaltungen ein Mittel gegen diese unangenehmen Begleiterscheinungen durch Einschalten eines halbzölligen Durchgangshahns vor dem Küchenzapfhahn gefunden, der dann als Kaliberhahn dient, indem er nur so viel geöffnet wird, bis eine genügende Wassermenge beim Zapfhahn austritt, und der gleichzeitig das lästige Abstellen der ganzen Hausleitung verhütet, wenn der betreffende Zapfhahn frisch beledert werden muß. Ein einfacheres und billigeres Mittel bietet der in Fig. 335 gezeichnete Druckfänger. In dem oberen Konus, der auf die Auslauftülle des Küchenhahns gesteckt oder besser gelötet wird, erweitert sich der Durchmesser der Hahnöffnung um nahezu das Doppelte, die Geschwindigkeit des den Hahn verlassenden Wassers vermindert sich demnach auf den vierten Teil. In dem anschließenden zylindrischen Zwischenstück liegen in geringem Abstand hintereinander zwei feine siebartig gelochte Metallbleche mit vielen kleinen Löchern. Durch diese Löcher muß das Wasser seinen Weg nehmen, und da der ursprünglich zusammenhängende Strahl in sehr viele feine Fäden und wiederholt aufgelöst werden muß, so wird der größte Teil des Druckes zur Verrichtung dieser Auflösungsarbeit, dann zur Überwindung der beträchtlichen Reibung an den Lochumfängen aufgebraucht. Der Strahl kommt infolge des unterhalb sich verjüngenden Konus zwar geschlossen zum Austritt, aber seine frühere lebendige Kraft ist erlahmt, das Wasser fließt wie Öl aus dem Druckfänger, vgl. Fig. 336. Der untere zum Abschrauben gerichtete Konus in Fig. 335 hat einen beträchtlich größeren Auslauf als ein gewöhnlicher Küchenhahn, die ausströmende Wassermenge ist demzufolge trotz der verringerten Geschwindigkeit eine für Küchen- und Hauszwecke genügende. Sollte sich der Siebkörper mit Unreinigkeiten verlegen oder verstopfen, so ist nach Abschrauben des unteren Konus und Herausnehmen des Mittelstückes mit einer feinen Nadel die Reinigung der Siebe vorzunehmen. Die Druckfänger sind in Größen von 10 Millimeter = $\frac{3}{8}$ Zoll engl. bis 25 Millimeter = 1 Zoll engl. in jedem Installationsgeschäft erhältlich und kosten pro Stück 1 Mark bis 1,60 Mark. Vgl. auch das S. 199 bei Kaliberhähnen Gesagte.

Fig. 337 zeigt eine neuere Art von Strahlreglern, die pro Stück 25 Pfennig kosten und einen auffallend schön geschlossenen Strahl geben. Sie vermeiden den Übelstand, daß sich Unreinigkeiten irgendwo ansammeln können, denn das Wasser tritt aus dem Hahn in der Pfeilrichtung nur in der punktierten Form durch, die toten Ecken $e\,e$ werden vom Wasser nicht berührt, wie die an denselben bemerkbare Patina nach längerem Gebrauche zeigt. Die Wirkung des Apparates beruht auf der Auseinanderteilung des Strahles durch fächerförmig gestellte Bleche $f\,f$ und nachheriger Wiederzusammenschließung der prismatischen Fäden. Der Druckfänger wird mittels eines Gummiringes $g\,g$ einfach über die Hahntülle gesteckt.

Der unter dem Namen „Unikum" bekannte Küchenhahn Fig. 338 ist bereits mit einem solchen eingelöteten Strahlregler versehen, wie der Schnitt links zeigt. Schnitt rechts stellt den vierseitig geführten Ventilkegel dar, der beim Öffnen durch Aufdrehen der linksgängigen

Fig. 334—338.
Vorrichtungen an Auslaufhähnen, um den Strahl geschlossen zu halten (Druckfänger, Strahlregler).



Fig. 334. Strahl ohne Druckfänger.



Fig. 335. Druckfänger mit eingelegten Sieben in natürl. Größe.

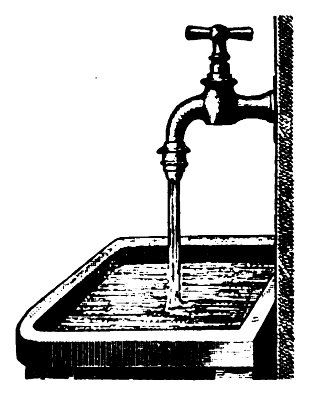


Fig. 336. Strahl mit Druckfänger.

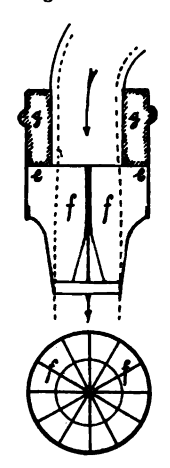


Fig. 337. Strahlregler mit fächerförmigen Blechen. Maßstab = 1 : 2.

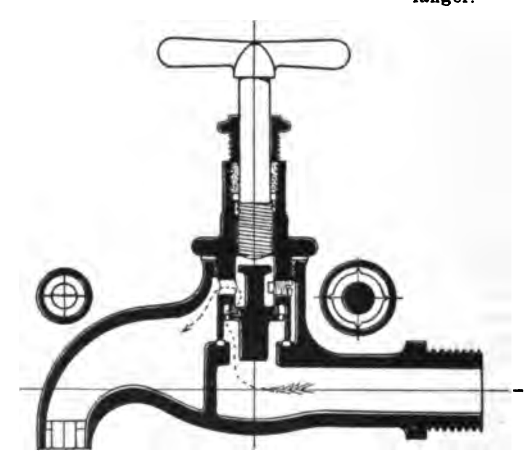


Fig. 338. Selbstschlußhahn „Unikum" mit eingelötetem Strahlregler.

Ventilspindel von der Sitzfläche nach unten losgedrückt und durch den Wasserdruck von selbst wieder geschlossen wird.

Außerordentlich zahlreich haben sich auf dem Gebiete der Auslaufventile und Hähne die Erfindertalente versucht, wie die Patentverzeichnisse dartun, welche der besseren Übersicht wegen in einzelne Kategorien getrennt sind.

Deutsche Reichspatente
für Kegelhähne.

Nr. 4294. Abschlußhahn mit selbsttätiger Entleerung. Gasbert. — Nr. 5282. Versenkter Anschlag an Stopfbüchsenhähnen. Dürholdt. — Nr. 14 872. Kegelventile zum Gebrauch bei Hähnen. Denans. — Nr. 15 822. Entwässerungsvorrichtungen an Kegelhähnen, nach jeder Richtung verstellbar. Kissing & Möllmann. — Nr. 18 279. Neuerungen an Kükenhähnen. Müller. — Nr. 33 825. Hilfsverschluß für durch Hähne, Ventile oder Schieber abgesperrte Rohrleitungen. Klein, Schanzlin & Becker. — Nr. 36 506. Kegelhahn mit Entwässerungsschieber. Knipscher. — Nr. 37 872. Hahn mit Abflußventil. Mücke. — Nr. 41 260. Vorrichtung um eine selbsttätige Absperrung der Hauswasserleitung von jeder Zapfstelle aus zugleich mit dem Zapfhahn der letzteren zu öffnen. Schmetz. — Nr. 44 424. Durchflußhahn mit Entwässerung. Schmidt. — Nr. 46 326.

Elektrische Vorrichtung zum Öffnen und Schließen eines Zuflußhahnes beim niedrigsten und höchsten Wasserstand eines Behälters. Neu. — Nr. 48 330. Verschlußvorrichtung für Hähne, von einer Zentralstelle aus. Carnaby. — Nr. 56 965. Fernstellvorrichtung für Leitungshähne. Birkholz. — Nr. 61 493. Hahn. Hagemann. — Nr. 61 807. Vorrichtung zur drehenden Bewegung der Wasserleitungshähne und beliebiger drehbarer Körper. Kirchhoff. — Nr. 67 487. Dreiweghahn. Schäfer & Oehlmann. — Nr. 67 507. Hahn. Hölzer. — Nr. 69 396. Hahn. Meinecke. — Nr. 73 714. Kükenhahn. Keßler. — Nr. 76 332. Hahn mit regelbarer Durchflußmenge. Patrick. — Nr. 80 121. Hahn. Milius. — Nr. 81 390. Absperrhahn. Crosby. — Nr. 81 949. Hahn. Schäffer & Budenberg. — Nr. 83 319. Abstellvorrichtung für Wasserleitungen. Drechsler. — Nr. 91 625. Absperrhahn. Lincke. — Nr. 94 755. Hahn. The Homestead Manufacturing Co. — Nr. 108 672. Hahn. Voß. — Nr. 115 624. Leitungshahn. Hona. — Nr. 120 552. Druckleitungshahn. Schöche. — Nr. 142 504. Hahn mit Sieb zur Ausscheidung von Unreinigkeiten im Wasser. Brophy.

Deutsche Reichspatente
für Auslaufhähne, Ventilhähne.

Nr. 126. Ventilhahn. Glaser. — Nr. 753. Daumenhahn. Osten. — Nr. 797. Selbsttätige Vorrichtung zum Verschluß von Wasserleitungen vor dem Wasserleitungshahn. Becker & Frowen. — Nr. 845. Vorrichtung an Absperrhahnen. Reese. — Nr. 874. Niederschraubhahn. Fischer. — Nr. 1806. Wasserleitungszapfhahn. Spiel. — Nr. 3223. Wasserleitungshahn. Spiel. — Nr. 3676. Drückerapparate als Ersatz der Ventile in Wasserleitungen. Löffel. — Nr. 4135. Wasserleitungshahn. Spiel. — Nr. 7674. Vorrichtung zum Absperren von Hähnen und Ventilen, ohne daß ein Schließen der ganzen Zuflußleitung nötig ist. Betche. — Nr. 7737. Neuerungen an Ventilhähnen. Watson. — Nr. 9769. Zusatzp. z. 7674. Vorrichtung zum Verschließen der Wasserleitungsröhren vor den Ablaßhähnen. Betche. — Nr. 10 106. Zusatzp. z. 7306. Wasserleitungshahn. Rathcke. — Nr. 10 996. Ventilhähne mit eingelegtem Ventilsitz. Isler. — Nr. 11 694. Ventilhahn. Kernaul. — Nr. 11 983. Neuerungen an Wandscheiben und Verlängerungsstrecken für Wasserleitungen. Schmidt. — Nr. 12 074. Wasserausflußhahn mit selbsttätiger Entwässerung. Großmann. — Nr. 13 191. Wasserhahn für Hausleitungen. Bergner. — Nr. 13 813. Luftkompressionshahn für Wasserleitungen. Ziehbold. — Nr. 13 936. Neuerungen an Ventilhähnen. Schmidt. — Nr. 14 031. Neuerungen an dem Rathckeschen Wasserleitungshahn. Rathcke. — Nr. 14 881. Ventilzapfhahn mit Lufteinlaßventil. Schmidt. — Nr. 16 216. Zapfhahn bezw. Durchlaufhahn, welcher durch Pressung einer Gummischeibe oder Kugel seine Abdichtung erhält, und zwar so, daß der Gummi sich in entgegengesetzter Richtung der gegeneinanderwirkenden Druckflächen vergrößert und dadurch seitlich gegen die Abdichtungsflächen gepreßt wird. Tänzer. — Nr. 18 291. Neuerung an dem Bewegungsmechanismus für Ventilhähne. Strohbach. — Nr. 20 285. Neuerungen an Ventilen. Ashton & Sperryn. — Nr. 20 349. Neuerungen an Auslaufventilen. Möller. — Nr. 21 208. Neuerung an Ventilhähnen. Poppenburg. — Nr. 21 309. Zapfvorrichtung mit Reservoir für Hauswasserleitungen. Dumas. — Nr. 24 048. Ventilhahn mit Entleerung. Bungarten. — Nr. 25 704. Wasserleitungshahn. Wolf. — Nr. 31 016. Wasserleitungshahn. Beer. — Nr. 31 630. Ausflußhahn. Craig. — Nr. 32 216. Ausflußventilhahn. Trott. — Nr. 34 876. Vorrichtung zur Vermeidung von Widderstößen beim Schließen von Hähnen. Richert. — Nr. 35 814. Durchbohrter Ventilkegel für Wasserleitungsventilhähne. Schmidt & Gründler. — Nr. 36 247. Ausflußhahn. Linhard. — Nr. 36 254. Auslaufhahn. Roovers. — Nr. 36 455. Vorrichtung zur Vermeidung von Widderstößen bei Auslaufhähnen. Richert. — Nr. 42 723. Druckregulierungsvorrichtung für Ausflußhähne an Hochdruckwasserleitungen. Weber. — Nr. 43 253. Schieberhahn mit Selbstschluß. Herrmann. — Nr. 43 668. Einrichtung zum ruckweisen Eröffnen und Schließen von Ventilen. Ketterer. — Nr. 46 454. Auslaufhahn mit doppeltem Ventilverschluß. Thamm-Bührlen. — Nr. 52 621. Auslaufhahnen. Rotten. — Nr. 54 296. Wasserleitungsventil. Biega. — Nr. 55 767. Hahn mit Windkessel für Druckwasserleitung. Bergmann. — Nr. 56 048. Wasserleitungsventil mit begrenzter Wasserlieferung. Möller. — Nr. 58 361. Wasserleitungsventil. Kühne. — Nr. 59 898. Ventileinrichtung für begrenzte Wasserentnahme (Auslaufhahn). Kißler. — Nr. 64 509. Kolbenschieberhahn. Conradt. — Nr. 65 439. Auslaufhahn. Huber. — Nr. 65 858. Zapfhahn mit Luftventil für Wasserleitungen. Rosemann & Pöske. — Nr. 66 536. Auslaufhahn für Wasserleitungen. Teichmann. — Nr. 70 375. Frostfreier Hofwasserleitungshahn. Wagner. — Nr. 71 092. Auslaufhahn mit rinnförmigem Küken. Egerton. — Nr. 71 256. Elastischer Sitz für Wasserleitungsventile. Lützeler. — Nr. 74 919. Ventilhahn ohne Stopfbüchse. Terlinden. — Nr. 75 463. Vorrichtung zur Regelung der Durchgangsmenge an Wasserhähnen. Sauerbier. — Nr. 75 809. Selbsttätige Absperr- & Reguliervorrichtung für Wasserleitungen. Franke. — Nr. 82 893. Doppelverschluß für Hähne. Fontaine & Cie. — Nr. 83 871. Hahn mit Doppelverschluß. Kühn. — Nr. 86 299. Niederschraubhahn. Giebeler. — Nr. 86 512. Absperrventil mit selbsttätigem Luftventil. Flick. — Abänderung Nr. 89 018. — Nr. 93 818. Wasser-

leitungshahn. Pehl & Schleidt. — Nr. 95 526. Niederschraubhahn für Wasserleitungen mit einer Stoßauffangvorrichtung (aufnehmender Hohlspindel). Bergmann. — Nr. 100 736. Wasserleitungshahn mit frei beweglichem durch wechselnden Wasserdruck bewegtem Ventil. Vuillot. — Nr. 102 675. Eine Einrichtung zur Belebung von Leitungswasser durch Kohlensäure. Rühl. — Nr. 103 824. Wasserleitungshahn mit Ausbesserungs- und mit Betriebssitz für die Ventilkugel. Klopp. — Nr. 106 260. Hahn mit einem mit der Längsachse in der Zuflußrichtung liegenden, nach vorn leicht herausnehmbaren Küken. Ninnemann. — Nr. 119 094. Kniehebelventil. Biersyphon-Aktiengesellschaft. — Nr. 119 197. Niederschraubhahn. Hanrot. — Nr. 126 540. Auslaufventil. Boehringer. — Nr. 153 775. Wasserleitungsventil. H. Wegmann, St. Petersburg. — Nr. 157 119. Zapfstelle für Wasserleitungen. Wehner. — Nr. 159 801. Zapfrohr mit weiter Auslauföffnung.

Deutsche Reichspatente
auf Kaliberhähne.

Nr. 18 512. Kaliberhahn (Augsburger). Ganghofer. — Nr. 22 980 und 22 981. Kaliberhahn. Kernaul. — Nr. 23 396. Kaliberhahn. Kernaul. — Nr. 36 776. Kaliberhahn. Clausoller.

Deutsche Reichspatente
für Selbstschlußhähne.

Nr. 127. Selbstschlußhahn. Valentin. — Nr. 187 u. 1657. Selbstschlußhahn. Faas. — Nr. 1755. Selbstschlußhahn. Green & Hielig. — Nr. 1882. Automatisch und stoßfrei schließendes Absperrventil. Schrabetz. — Nr. 2710. Selbstschlußhahn. Grundmann. — Nr. 3809. Selbstschlußhahn. Ziegler. — Nr. 4003. Langsam zugehendes Selbstschlußventil. Holdorf & Brückner. — Nr. 4329. Selbstschließender Auslaufhahn. Berthmann. — Nr. 4370. Selbstschlußventil. Schäffer & Budenberg. — Nr. 4440. Stoßfreies Selbstschlußventil. Maywald. — Nr. 4523. Selbstschlußventil. Herboldt. — Nr. 4526. Selbstschlußventil mit selbsttätig sich füllendem Windkessel. Lemann. — Nr. 4558. Selbstschlußventil. Rademacher & Grüdelbach. — Nr. 4762. Selbstschlußhahn. Wessely. — Nr. 4857. Selbstschlußventil. Henkel & Trupp. — Nr. 5135. Selbstschlußhahn. Boll. — Nr. 5403. Selbstschlußventil. Mücke. — Nr. 5425. Selbstschließender Wasserleitungshahn. Herboldt. — Nr. 5530. Selbsttätiges Ventil für Wasserleitungen. Fischer. — Nr. 5563. Neuerungen am Bengerschen Ventilhahn. Butzke. — Nr. 6152. Selbsttätiger Abschlußhahn. Spanner. — Nr. 6451. Neuerungen an dem Bengerschen Ventilhahn. Butzke. — Nr. 6859. Selbstschlußhahn. Meching. — Nr. 7057. Selbstschlußventil. Green & Hielig. — Nr. 7306. Wasserleitungshahn. Rathcke. — Nr. 7886. Selbstschließender Ventilhahn. Weuste. — Nr. 8030. Selbstschließender Wasserleitungshahn. Steinhausen. — Nr. 8845. Selbstschlußventil. Stuckmann. — Nr. 9386. Selbstschlußventil. Kummer. — Nr. 9748. Zusatzp. z. 6859. Selbstschließender Auslaufhahn. Meching. — Nr. 10 047. Langsam öffnender und schließender Kegelhahn. Aird & Marc. — Nr. 11 659. Neuerungen an Holhus & Klahrs Wasserleitungsauslaufventil. Mauch. — Nr. 11 695. Wasserhahn mit stoßfreiem Schluß. Jooß. — Nr. 12 299. Neuerungen an dem Bengerschen Ventilhahn. Butzke. — Nr. 13 412. Kautschukventil mit Federverschluß. Bauer. — Nr. 13 530. Neuerungen an dem Bengerschen Ventilhahn. Butzke. — Nr. 13 847. Vorrichtung zum Selbstschließen von Wasserleitungshähnen. Stolpe & Fuchs. — Nr. 13 932. Selbstschließender Ventilhahn mit Luftpuffer. Menzel. — Nr. 14 272. Selbstschließender Auslaufhahn. Rosenthal & Häsler. — Nr. 15 186. Neuerungen an der unter 5403 patentierten Ventileinrichtung. Krüger. — Nr. 17 552. Neuerung an selbstschließenden Ventilen. Tieck. — Nr. 21 673. Selbstschlußhahn. Krause. — Nr. 26 051. Selbsttätiges Ventil. Mücke. — Nr. 26 244. Selbstschlußhahn. Jooß. — Nr. 26 808. Wasserleitungshahn. Chameroy. — Nr. 27 216. Selbstschließender Auslaufhahn. Mücke. — Nr. 27 964. Selbstschließendes Ventil. Mücke. — Nr. 29 682. Selbstschließendes Ventil. Eßberger. — Nr. 29 689. Selbstschließender Auslaufhahn. Hartz. — Nr. 30 098. Entlastungsventil für selbsttätig schließende Absperrventile. Mücke. — Nr. 31 954. Selbstschließender Auslaufhahn. Grüneberg. — Nr. 33 094. Durch Gewichtsbelastung schließendes Wasserleitungsventil. Eberhard & Küchler. — Nr. 33 806. Selbstschließendes Ventil. Truß. — Nr. 36 016. Selbstschließender Auslaufhahn. Sluytermann. — Nr. 36 238. Selbstschließender Auslaufhahn. Wagenbrenner. — Nr. 37 053. Selbstschließender Auslaufhahn mit einem im Gegenkolben liegenden Hilfsventil. Traeger. — Nr. 45 114. Selbstschließender Ventilhahn. Weilbach & Kohn. — Nr. 46 182. Auslaufhahn. Roovers. — Nr. 48 055. Wasserleitungsventil. Vossen. — Nr. 48 064. Selbstschlußhahn. Patrick. — Nr. 54 139. Selbstschließendes Ventil. Bosch. — Nr. 54 295. Langsam schließendes Wasserleitungsventil. Schubert. — Nr. 55 134. Selbstschließender Wasserleitungshahn mit zwei im Hauptzuleitungsrohr angeordneten Durchflußventilen. Goodson. — Nr. 60 553. Selbstschließender Wasserleitungshahn. Zusatzpat. 62 972. Schubert. — Nr. 62 977. Wasserleitungshahn mit doppeltem Abschluß. Behm & Otto. — Nr. 62 972. Selbstschließender Wasserleitungshahn. Schubert. — Nr. 63 395. Selbsttätig abschließender Auslaufhahn. Schneider. —

Nr. 66 245. Selbstschließender Auslaufhahn mit und ohne Nebenauslauf. Rosenstingl. — Nr. 67 413. Selbstschließender Hahn mit hydraulischer Bremsung. Hüll. — Nr. 68 162. Selbstschließendes Wasserleitungsventil mit hydraulischer Bremsung. Bolinder. — Nr. 73 353. Selbstschließendes Ventil. Wilkens. — Nr. 76 466. Selbstschließendes Ventil mit selbsttätiger Entlüftung der Leitung. Fromm. — Nr. 79 380. Selbstschließendes Ventil. Altmann. — Nr. 83 625. Hahn mit Federverschluß. Jachmann. — Nr. 85 863. Selbsttätiges Ventil zur Regelung des Wasserverbrauchs. Tüngel. — Nr. 87 111. Durch Fliehkraft zu öffnender selbstschließender Wasserhahn. Mottura. — Nr. 90 264. Hahn mit durch Wasserdruck gegen seinen Sitz gepreßtem Ventil. Scoville. — Nr. 91 306. Selbstschließender Wasserleitungshahn. Bartsch. — Nr. 103 537. Selbstschließender Auslaufhahn. Ericson. — Nr. 105 581. Selbstschließendes, bei Versagen des Selbstschlusses auch zwangläufig zu schließendes Ausflußventil. Grebe. — Nr. 106 759. Vorrichtung zum Betätigen selbstschließender Hähne, Ventile etc. Williams. — Nr. 111 494. Absperrventil. Gschier. — Nr. 121 587. Selbstschließender, nichtschlagender Wasserleitungshahn. Cowey. — Nr. 121 950. Selbstschließender Wasserleitungshahn. Walter. — Nr. 123 400. Selbstschlußventil. Hansen. — Nr. 124 686. Selbsttätiges Absperrventil. Gulland. — Nr. 132 020. Vorrichtung für stoßfreies Schließen der Wasserleitungshähne. Jührs. — Nr. 133 525. Selbstschließender Wasserleitungsventilhahn. Minarik. — Nr. 172 898. Selbsttätig durch den Wasserdruck schließendes Ventil. Kriwatschek.

Deutsche Reichspatente
für Druckfänger (Strahlregler).

Nr. 145 798. Strahlregler an Auslaufhähnen. Mohr. — Nr. 157 297. Strahlregler für Auslaufhähne. Buhl. — Nr. 175 091. Strahlregler für Auslaufhähne an Druckwasserleitungen. Brocke.

e) Klappen.

Bei allen unter d) aufgeführten Einrichtungen wird der Schluß des Absperrorgans durch äußere Krafteinwirkung herbeigeführt. Bei den Klappen tritt er (ähnlich wie bei den Rückschlagventilen, vgl. S. 183) von selbst ein, wenn auf einer Seite, der Eintrittseite, der Druck durch Ablassen der Flüssigkeit oder deren Stillstand verringert wird und jenseits der Klappe die Flüssigkeitssäule auf eine im Klappengehäuse schräg hängende Wand, die eigentliche „Klappe", drückt, um sie auf den im Gehäuse vorspringenden Dichtungsrand zu pressen. Beim Wiederanlassen des Druckes unterhalb der Klappe öffnet diese sich selbst und stellt sich je nach dem Durchflußquantum unter einem mehr oder weniger steilen Winkel zur Rohrachse ein. Bei Pumpwerken ist eine besondere Art, die sogenannte „Rückschlagklappe", gebräuchlich, welche mittels Hebel auch von außen bewegt werden kann, sobald der Druck auf beiden Seiten der Klappe gleich geworden ist. Durch Umschlagen dieses Hebels wird die Klappe ganz an die Decke des Gehäuses gebracht und so aus dem Bereich des Wasserstromes entfernt, durch ein auf dem Hebel befindliches Gewicht wird sie während der Pumpzeit in dieser Lage gehalten und erst wieder umgelegt oder geschlossen bei Stillsetzen des Pumpwerks, um so die Ventile und Triebwerksteile während des Stillstandes vom Wasserdruck zu befreien. Bei den „Drosselklappen" (vgl. S. 172, Fig. 266), welche an Stelle von Absperrschiebern verwendet werden, schwingt eine nahezu kreisrunde Scheibe um ihre Achse im Rohrmittel, wenn sie von außen bewegt wird. Bei fast senkrechter Stellung schließt sie das Rohr ab, bei paralleler Lage mit der Rohrachse ist sie geöffnet. Zur Bewegung dieser Klappen genügt eine relativ geringe Kraftanwendung.

Fig. 339 zeigt eine normale Rückschlagklappe. Diese bekannte Einrichtung hat im Wasserversorgungswesen eine nicht unbedeutende Aufgabe, da sie selbsttätig den Rücklauf von Wasser aus einem höher gelegenen Rohrstrang in einen niederer gelegenen verhüten soll, indem sie sich unter Einwirkung des höheren Druckes schließt. Wie aus der Figur ersichtlich, ist die Klappe pendelnd in einem Gehäuse an vorstehenden Warzen aufgehängt und wird von dem Deckel mit Stollen gegen vertikale Bewegungen niedergehalten. Bei abgenommenem Deckel kann also die Klappe in dem Gehäuse besichtigt werden. Der Klappensitz ist ein in einer ausgedrehten Nut eingepreßter Bronzering; die Klappe selbst hat Gummi- oder Lederdichtung. Bei normaler Wasserströmung tritt das Wasser von links unter die Klappe, sucht diese um ihren Aufhängepunkt aus der ursprünglich schwach geneigten Lage aufzudrehen und nach Maßgabe der durchfließenden Wasser-

menge, allmählich der horizontalen Lage zu nähern. Bei voll beanspruchter Leitung legt sich die Klappe ganz in den ausgebauchten oberen Gehäuseteil hinein, auf dem Wasserstrom schwimmend. — Bei stark wechselnden Wassermengen ist die Klappe gezwungen, pendelnde Bewegungen auszuführen und schützt sich so selbst vor dem Festsitzen. Dieses tritt dafür mit Sicherheit dann ein, wenn nur kleine und andauernd konstante Wassermengen unter der Klappe fließen; sie behält dann infolge von Inkrustationen an den Gelenken und an der Belederung eine gewisse, gewöhnlich nur wenige Zentimeter von der geschlossenen Lage abweichende Öffnungsstellung bei, aus welcher sie zuweilen selbst mit bedeutender Kraftanstrengung kaum zu lösen ist. Die

Fig. 339–345. Klappen verschiedener Bauart.

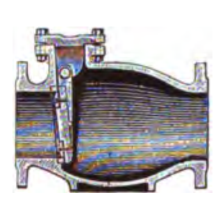




Fig. 339. Rückschlagklappe nach Reuther.

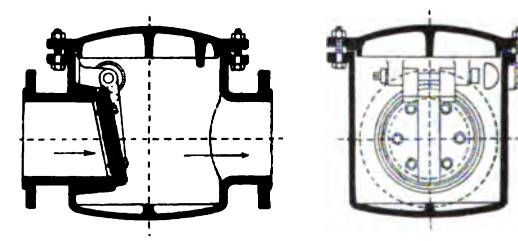


Fig. 340. Rückschlagklappe in einem Teilkasten.



Fig. 341. Rückschlagklappe nach Breuer & Co.

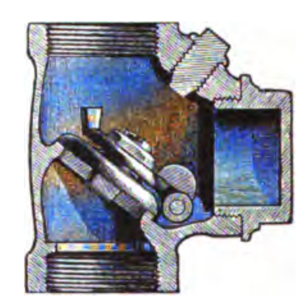


Fig. 342. Rückschlagklappe für Steigleitungen.

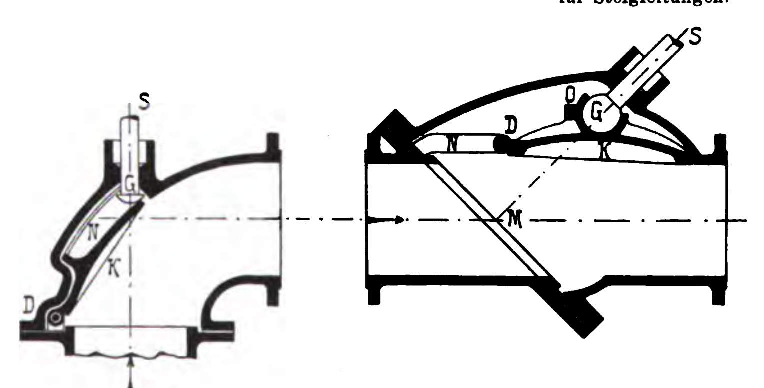


Fig. 343. Eckstück Fig. 344. Durchgangsstück
mit Klappe und Schraubenspindelsperrung.

Belederung wird dann meist in dem Zustande gefunden, welcher ihrer normalen Beanspruchung durch die ablenkende Kraft des Wasserstroms einerseits, durch die Ablagerungen der Niederschläge aus dem Wasser und Eisen anderseits entspricht. Die obere Hälfte des Lederringes liegt noch auf dem Bronzesitz und ist sauber schwarz, die untere Hälfte ist grün oder weißlich mit harter Kruste belegt. Solche Klappen dichten bei eintretendem Rückschlag des Druckes nicht mehr. Sie müssen frisch beledert werden und es ist bei Revisionen stets darauf zu achten, daß der ganze Lederring die charakteristische schwarzglänzende Farbe zeigt, die Folge einer chemischen Einwirkung des Leders auf das Eisen (gerbsaures Eisen, Tinte). Bei Gummibelag ist nur die Glätte der Dichtungsfläche ein Zeichen der guten Beschaffenheit. Sind derlei Rück-

schlagklappen in Städten vorgeschrieben, um z. B. Dampfkessel mit direkter Speisung aus dem Rohrnetz, Warmwasseranlagen in Bädern, Wäschereien u. dgl. mit kontinuierlicher Zirkulation des Wassers durch den Warmwasserkessel, chemische Fabrikationsgefäße mit direktem Anschluß an die Wasserleitung und viele andere Betriebe, die auf das Rohrnetz zurückwirken können, von schädigendem Einfluß abzuhalten, so muß die Revision der Klappen besonders sorgfältig vorgenommen werden. Es geschieht bei derlei undichten Rückschlagklappen, daß bei Entleerungen einer Rohrstrecke z. B. durch die Hydranten heißes Wasser zum Austritt gelangt, das nicht nur die beim Entleeren beschäftigten Arbeiter verbrüht, sondern wobei auch die Muffendichtungen der Rohre infolge von bedeutenden Streckungen durch die Wärme notleiden.

Werden Rückschlagklappen in Reservoire eingebaut um dem Wasser z. B. den Eintritt ins Reservoir zu versperren, den Austritt jedoch zu gestatten, so ist die Eigentümlichkeit nicht außer acht zu lassen, daß sich die Klappe erst dann öffnen kann, wenn der Druck hinter ihr um einen gewissen Betrag gesunken ist. Beispielsweise bei der in Fig. 339 gezeichneten Klappe mit 200 Millimeter Lichtweite im Sitz, 20 Millimeter Sitzbreite und $200 + 2 . 20 = 240$ Millimeter äußerem Klappendurchmesser, hat die Klappe unter dem Sitz 314 Quadratzentimeter wirksame Fläche, ihre Rückseite dagegen 452 Quadratzentimeter, oder 138 Quadratzentimeter mehr Druckfläche. Sie kann demnach nur geöffnet werden, wenn auf der Eintrittsseite eine um $138 : 452$ = rd. 30 Prozent vermehrte, bezw. auf der Austrittsseite eine um ebensoviel verminderte Wasserpressung herrscht. Liegt z. B. die Klappe in einem Behälter, aus welchem ein nebenliegender gespeist werden soll (Zwischenmauer bei zweikammerigen Reservoiren), so wird, wenn der normale Wasserstand bei Übereich auf 3,0 Meter steht, die Klappe sich erst öffnen können, wenn der Wasserspiegel in der anderen Kammer um $3{,}0 . 0{,}3 = 0{,}90$ Meter gesunken ist. Voraussetzung ist hierbei dichter Schluß der Klappe. Sobald jedoch die Klappe zu öffnen beginnt, ändert sich die Sachlage. Die beiden nunmehr vom Wasser bespülten Ventilflächen sind gleich groß geworden, da die vorher vom Ventilsitz verdeckte Dichtungsfläche zu der Lichtweite hinzukommt. Das Wasser strömt nun mit 0,9 Meter Überdruck aus der vollen Kammer in die nebenliegende.

Zur vollständigen Öffnung einer Klappe, deren Durchtrittsöffnung geometrisch der Mantel eines Zylinderkeils ist, genügt als größter Ausschlag ein Winkel von rund 45 Grad; hierbei wird die Höhe des abgewickelten Manteldreiecks gleich dem halben Rohrdurchmesser, die Grundlinie ist πd, daher die Fläche $= \frac{\pi}{4} d^2$. Zur Schonung der Leder- oder Gummidichtungen empfiehlt sich, die Innenkante des Bronzesitzringes auszurunden, da beim Aufschlagen der Klappe auf den scharfen Sitz die Dichtung entzwei geschnitten würde.

Klappen sind im allgemeinen roher als Ventile, aber dafür nicht so empfindlich gegen Fremdkörper und Wasserstein; nur ist öftere Bewegung der Klappen Bedingung, womöglich sanftes Aufschlagenlassen auf den Sitz und nicht zu seltene Revisionen. Wirbelbildungen entstehen im Wasserstrom durch die Klappe so gut wie gar nicht, daher auch Fremdkörper, Schlammansammlungen u. dgl. aus dem Gehäuse fortgespült werden, wenn die Strömung stark genug ist.

In Fig. 340 ist die Klappe in einen zylindrischen Teilkasten eingebaut, der Drehbolzen wird von außen durch eine Verschlußschraube (Fig. rechts) eingeführt.

Fig. 341 zeigt ein Klappenventil von H. Breuer & Cie., Höchst a. M. Bei dieser Konstruktion kann die Klappe samt dem Deckel abgenommen werden, da die Drehzapfen in den Öhren des Deckels gelagert sind. Die Öhren sind mit Bronze gefüttert. Die vollständig geöffnete Klappe (punktiert gezeichnet) schlägt an einem Stollen des Deckels an.

In Fig. 342 ist eine Rückschlagklappe für Steigleitungen nach Tylor dargestellt. Sie wird für vertikale Hausleitungen angewendet; der Anschlag bei ganzer Öffnung erfolgt an einem oben rechts eingeschraubten Bolzen. Die Klappe kann bei der mittleren mit Stöpsel verschraubten Öffnung ein- und ausgebaut werden. Die gezeichnete Anordnung wird für Lichtweiten von 10 bis 50 Millimeter ganz in Bronze mit entsprechendem Gasgewinde ($^1/_2$ bis 2 Zoll engl.) ausgeführt. Dieselbe Klappe kann, da ihr Sitz 45 Grad gegen die Rohrachse geneigt liegt, mit gleichem Effekt in horizontalen Leitungen eingebaut sein.

Fig. 343 u. 344 zeigen Klappenventile, D. R.-P. 131 834, 131 835 (Morternd & Wettre). Um eine Rückschlagklappe auch als Absperrorgan gebrauchen zu können, so daß ein selbsttätiges Aufgehen der Klappe verhütet wird, ist in beiden Figuren die Klappe K mittels einer auf- und abgehenden Ventilspindel S und mit einem gewisse Gelenkigkeit gestattenden Druckknopf G versehen, welcher beim Abschlusse die Klappe in der Mitte bei M fest auf ihren Sitz drückt. Da die Ventilspindel, die im übrigen wie jede andere Ventilspindel mit außerhalb der Stopfbüchse liegendem Gewinde versehen ist, bei ihrem Abwärtsgang eine streng geführte Gerade einhält, während die Klappe um ihren Drehpunkt D schwingt, ist in der einen als Eckstück ausgebildeten Anordnung (Fig. 343) der Punkt G in der Nute N wie in einem Falz mit schwalbenschwanzförmigem Querschnitt umschlossen; beim Öffnen nimmt der Bund des Knopfes G die Klappe wieder mit in die Höhe. Bei der anderen als Durchgangsstück angeordneten Klappe (Fig. 344) gleitet der

Drehpunkt D in der beiderseits im Gehäuse vertieft liegenden Nute N zwangläufig bis in die Sitzebene zurück, während das Kugelgelenk G eine Drehung von einigen Graden ausführt. Beim Öffnen dieser Klappe nimmt die Kugel mittels des Oberteils O die Klappe in die Höhe. — Bei diesen Klappenventilen sind nur geringe Flüssigkeitspressungen zulässig; da insbesondere der Bund der Spindel entsprechend Fig. 343 einen großen Zug nach oben nicht auszuüben vermag, ist die allgemeine Anwendung für Wasserleitungen nicht zu empfehlen. Bei unreinem oder nicht steinfreiem Wasser, das seine Ablagerungen in den Nuten N deponieren würde, ist sogar die Anwendung dieser Art Klappenventile nicht unbedenklich.

Wenn es sich um große Lichtweiten handelt, können Rückschlagklappen nicht mehr mit einer einzigen Klappe ausgeführt werden, da der Flächendruck sehr starke Dimensionen der Klappe, ein unhandliches Gewicht derselben und die Notwendigkeit bedingt, bei Undichtheit der Belederung auch nur an einer einzigen Stelle die ganze, oft kostspielige Dichtung erneuern zu müssen. Man löst deshalb den Querschnitt des Rohres in eine Anzahl kleinerer Flächen, meist Rechtecke, auf, so daß einzelne Klappen entstehen, welche bequemer ein- und ausgebaut werden können. Die ganze Anordnung besteht dann nach Fig. 345 aus einem Reduktionsstück A, dem Zwischenstück B, welches die Sitzflächen für die einzelnen Klappen bildet und, um den auf den Klappen lastenden Flüssigkeitsdruck aufzunehmen, mit hohen Stegrippen versehen ist. Endlich ist das

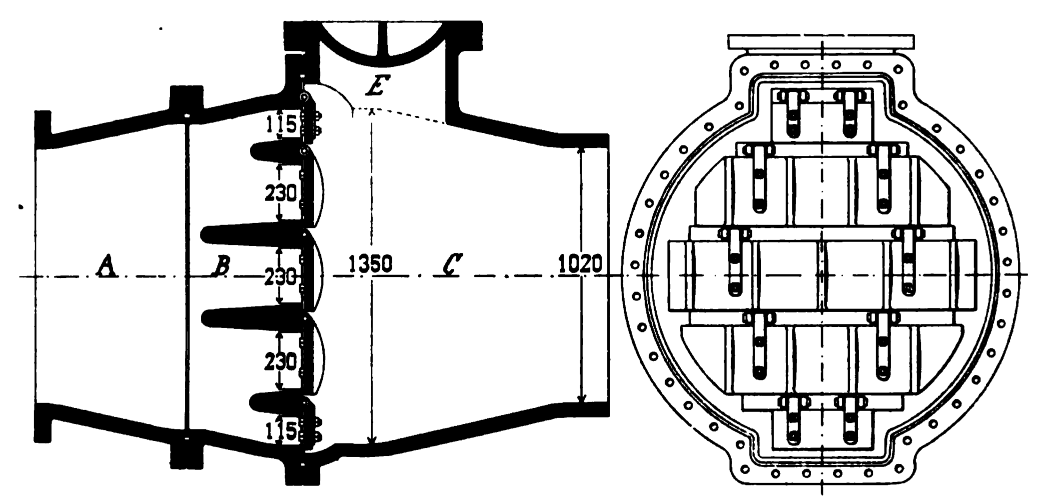


Fig. 345. Rückschlagklappe für große Lichtweiten. Maßstab = 1 : 30 (nach Engineering 1891, S. 35.)

jenseitige Reduktionsstück C mit einem Einsteigkasten E ausgestattet, durch welchen der Ein- oder Ausbau der Klappen ohne Demontierung der Leitung vor sich geht.

In der Regel wirken derlei große Rückschlagklappen bei kalkhaltigem Wasser nur in der ersten Zeit zuverlässig. Je länger sie im Betriebe sind, ohne revidiert zu werden, desto mehr belegen sich die Klappen mit Wasserstein, der erfahrungsgemäß bis zu 10 Millimeter Dicke angetroffen wird, und die ursprüngliche Dichtheit ist nicht mehr vorhanden. Ist dieser Fall aber eingetreten, dann wirkt der Einbau so vieler Flächen derart hemmend auf den Wasserstrom, daß in manchen Fällen die Klappen herausgenommen werden müssen. Auch die Beweglichkeit derselben leidet infolge Ansatzes von Stein, indem besonders bei konstanter Durchflußmenge, wie etwa bei Druckleitungen von Pumpwerken, die stets gleichbleibende Lage der Klappe Ursache zur Inkrustation der Bolzen, Scharniere, sowie der Belederung ist.

Deutsche Reichspatente
für Klappenventile.

Nr. 63 422. Klappenventil für Anschlußstutzen mit Kniehebelverschluß. — Nr. 63 478. Rückschlagventil. Defays. — Nr. 64 285. Von Schwimmern getragener Rückstauschieber. Meyerheine. — Nr. 71 776. Rückstauklappe mit Betätigung durch Schwimmer. Behn. — Nr. 85 552. Rückstauventil mit Schwimmer. Neumann. — Nr. 86 796. Rückschlagventil. Vorreiter & Müllendorf. — Nr. 93 638. Ventil. Weiß & Mietz. — Nr. 126 108. Sicherheitsvorrichtung für Druckleitungen. Larkin. — Nr. 130 254. Ventilklappe. Morternd. — Nr. 131 834 u. 131 835. Klappenventil. Morternd. — Nr. 169 268. Dreiwegventil durch zwei Klappen gebildet. Alexanderwerk von Nahmer.

f) **Schwimmerventile** (Schwimmkugelhähne).

Um einen Behälter selbsttätig so zu füllen, daß einerseits der Wasserspiegel in demselben eine bestimmte Höhenlage nicht überschreitet (d. h. das Wasser nicht überläuft), anderseits der Behälter sich nie ganz entleeren kann, wendet man Einlaßventile oder Hähne an, die in der Regel im Innern des Behälters an einer der Umfassungswandungen, oder an der Decke oder auch an dem Boden befestigt und durch irgend einen Mechanismus mittels eines auf dem Wasserspiegel schwimmenden Hohlkörpers (des Schwimmers oder der Schwimmkugel) bei steigendem Wasserspiegel geschlossen, bei fallendem dagegen geöffnet werden. Die Bewegungen dieser Schwimmerventile vollziehen sich automatisch und erfordern eine Verstellung durch Menschenhand nur in Ausnahmefällen, wenn etwa der Zufluß ganz unterbrochen werden soll, was dann am einfachsten mittels Hochheben und Festlegen des Schwimmers, der gewöhnlich an einem langen Hebel hängt, geschieht. — Durch die Wahl des Hebelübersetzungsverhältnisses, d. i. des Verhältnisses der Hebellänge vom Hebeldrehpunkt bis Schwimmermitte zur Länge vom selben Drehpunkt bis Druckstelle auf das Ventil (bei Hähnen zum Halbmesser des Hahnkükens), ist man in der Lage, die Auftriebskraft des Schwimmers beliebig zu vergrößern. Dies ist insbesondere da von Wichtigkeit, wo das Schwimmerventil hochgespanntes Wasser einzulassen hat. — Streng genommen kann ein Schwimmerventil nie absolut dicht abschließen, da der Bewegung des Schwimmermechanismus im Sinne des Schließens stets ein Steigen des Wasserspiegels vorausgehen muß; deshalb sind Behälter mit Schwimmereinlaß immer mit Überlaufvorrichtung zu versehen, damit eine Überfüllung des Behälters vermieden wird. Die den schon besprochenen Ventilen und Hähnen eigentümlichen Erscheinungen bezüglich Ansetzen von Wasserstein u. dgl. gelten auch hier, und zwar in erhöhtem Maße, weil die Schwimmerventile und Hähne meist in der Luft sind und nur zeitweise unter Wasser tauchen, daher die Ausscheidungen von Stein sich rascher vollziehen. Daß diese Apparate oberhalb des höchsten Wasserspiegels angebracht werden sollen, ist eine Forderung aus hygienischen Gründen; würde z. B. das Ventil im Wasser des Behälters sitzen, so kann bei Entleerungen des Zuleitungsrohres nach rückwärts, wie sie bei starker Entnahme in den unteren Geschossen eines Anwesens, bei Rohrbrüchen oder Abstellungen und Entleerungen am Rohrnetz u. s. w. sich bisweilen ereignen, der Behälterinhalt zurück in das Rohrnetz gesaugt werden. Die Behälter sind bei intermittierender Versorgung meist auf den Dachböden der Häuser, bei Kesselspeisewasserversorgungen in schmierigen Maschinenhäusern, bei Wasch- und Badanstalten in oft zweifelhaft reinlichen Räumen untergebracht und auch nicht immer so sauber gehalten, als daß ihr Wasserinhalt zurück zur öffentlichen Versorgung gelangen dürfte. Bei den im nachfolgenden vertretenen Konstruktionen wird noch besonders auf diese wichtige Forderung hingewiesen werden. Bei allen Schwimmereinlässen ist sehr zu beachten, daß bei vorzunehmenden Proben über die Dichtheit des Ventil- oder Hahnschlusses oder über die Gangbarkeit des Mechanismus das Öffnen und besonders das Schließen des Apparates langsam bewerkstelligt werde, damit in der Zuleitung Widderstöße und abnorme Drucksteigerungen nicht eintreten. Gegen diese Regel wird vom Personal häufig gefehlt, indem dasselbe die Schwimmer bei gefülltem Behälter rasch in das Wasser hinabdrückt, wodurch plötzlich eine bedeutende Wasserzuströmung in den Behälter erfolgt und nachher den Schwimmer einfach „schnappen" oder emporschnellen läßt; durch diese augenblickliche Absperrung des Wasserzuflusses werden sowohl Rohrdefekte, Erzitterungen, Verbiegungen und Losrütteln an den Befestigungsstellen, als auch Heraustreiben von Dichtungen bei Muffen und Flanschenverbindungen hervorgerufen.

Eine der gebräuchlichsten Anordnungen von Schwimmerventilen ist die in Fig. 346 gezeichnete. Der Auftrieb der verhältnismäßig kleinen Hohlkugel wird hier mittels zweier einarmiger

Hebel wesentlich gesteigert. Nach den aus der Figur ersichtlichen Hebelverhältnissen ist die Übersetzung des ersten Hebels mit der Kugel 1 : 4, diejenige des zweiten Hebels mit dem Druckstift ebenfalls 1 : 4, daher die Gesamtübersetzung 4 . 4 = 16fach. Es kann also jedes Kilogramm der Auftriebkraft — abgesehen von den besonderen Widerständen — einen Druck von 16 Kilogramm auf das Ventil im Sinne des Schließens ausüben. — Dieselbe gesteigerte Wirkung äußert sich auch beim Sinken der Kugel, so daß ein Hängenbleiben des Hebelwerks nicht leicht vorkommen dürfte. Das Ventil selbst wird nur durch den Wasserdruck und sein Eigengewicht geöffnet, da die Verbindung des Hebeldruckstiftes mit dem Ventil eine nur lose berührende ist. Die doppelte Führung des senkrecht zu montierenden Ventils, einmal in den Ventilrippen und einmal in dem oberen Führungsstift, sichert dem Ventil eine von Klemmungen freie Bewegung. Etwaiger Wasserstein in der oberen Führung kann nach Öffnen der Verschlußschraube beseitigt werden.

Fig. 346—350. Schwimmerventile.

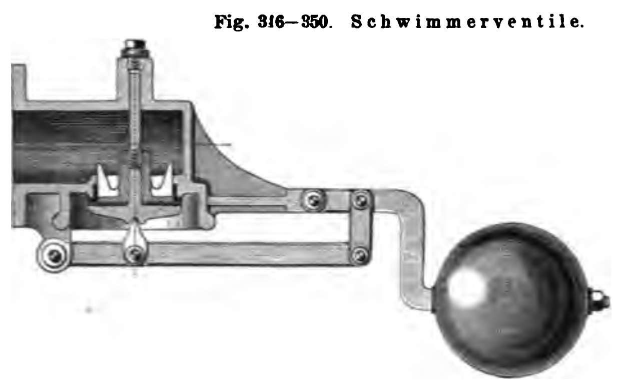


Fig. 346. Schwimmerventil von Breuer & Cie. mit Doppelhebel.

Diese Schwimmerventile werden von der Armaturenfabrik H. Breuer & Cie. in Höchst a. M. in nachstehenden Dimensionen und zu folgenden Preisen angefertigt:

Lichte Weite	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	mm
Flanschendurchmesser .	130	140	160	175	185	200	215	230	260	290	mm
Preis	30	35	40	45	50	60	70	80	100	150	Mk.

Wenn der Ausfluß unter Wasser stattfinden soll, was bei manchen Behältern wegen des Geräusches, das vom ausströmenden Wasser auf den Wasserspiegel und auf die umgebenden Wandungen ausgeübt wird, erwünscht ist, so empfiehlt es sich, in die Ausflußöffnung des Schwimmerventilgehäuses ein oben aufgeschnittenes schmiedeisernes oder kupfernes Rohr, das genügend Spielraum für den Hebel bietet, federnd einzuschieben und nötigenfalls durch eine seitlich in das Gehäuse gebohrte Stellschraube zu befestigen. Ein Zurücksaugen des Behälterinhaltes wird dann durch den Rohrschlitz für den Hebel verhindert.

In Württemberg werden bei kleineren Wasserversorgungen ländlicher Gemeinden diese Schwimmerventile nach einer etwas anderen Bauart, ähnlich Fig. 288, S. 183, jedoch der Drehpunkt auf der rechten (Schwimmer-) Seite befindlich, als sogen. „Druckvermehrungsventile" verwendet, wobei sie einen doppelten Zweck erfüllen: erstens schließen sie den Wasserzufluß im Druckstrang allmählich ab, zweitens zeigen sie, mangels einer sonstigen Fernmeldeeinrichtung, dem Wärter in der Pumpstation an dem Manometer der Windkessel die beginnende, mit dem steigenden Wasserspiegel und schließenden Schwimmerventil wachsende Drucksteigerung im Förderstrang an, so daß der Wärter den Pumpenbetrieb rechtzeitig einstellen kann.

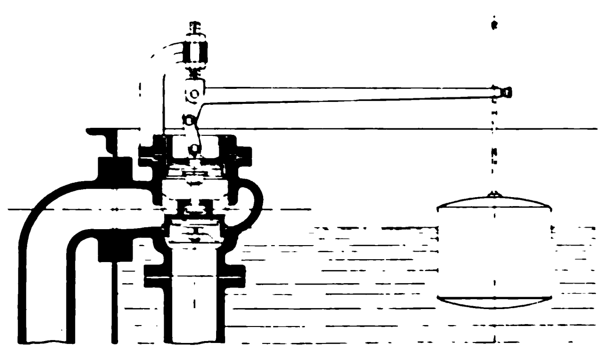


Fig. 347. Schwimmerventil von Dehne mit Kniehebel

Fig. 347 zeigt ein Schwimmerventil von Dehne, Halle. An dem horizontalen langen Arm eines Winkelhebels hängt der mit einer Kopfschraube auf die gewünschte Höhe des Wasserspiegels einstellbare Schwimmer. An dem vertikalen, sehr kurzen Arm desselben Hebels hängt mittels Lenkers ein in zylindrischer Führung auf und ab beweglicher Kolben mit Lederstulpendichtung, dessen Zapfen in der Mitte das Abschlußventil trägt. Das Ventil hat obere und untere Flügelführung, ist beledert und kann mit der oberen Schraube, die zugleich das Gelenk für den Schwimmerhebel bildet, auf den Ventilsitz im Gehäuse eingestellt werden. Das Wasser tritt hier links in das Ventilgehäuse ein und drückt sowohl auf das tellerförmige Ventil als auf den belederten Kolben.

Der Durchmesser des Kolbens ist um so viel größer, daß sein und des Ventils Gewicht und der Wasserdruck auf dieses ausgeglichen wird. Es steht somit die ganze Auftriebkraft des Schwimmers für die Bewegung des Kolbens und des Ventils zur Verfügung. Durch die Anordnung des Lenkers an dem kurzen Winkelhebelarm wirkt dieser wie ein Kniehebelgelenk, und zwar so, daß beim Ventilschluß, um eine möglichst dichte Anpressung zu bezwecken, der auf das Ventil ausgeübte Druck am größten wird. — Bei kleinen Ausschlägen des Winkelhebels ist nicht zu befürchten, daß der Kolben in der Führung klemmt und stecken bleibt; dagegen wird bei größeren Schwimmersenkungen durch das Zurseiteziehen des Kolbens eine nicht unbeträchtliche Reibung und ein Ecken des Kolbens eintreten, das insoferne bedenklich ist, als der Schwimmer nach erfolgtem ganzem Eintauchen mit seiner ganzen Auftriebkraft die Klemmung behebt und die ganze Wasserströmung plötzlich zum Stillstand bringt. Es empfiehlt sich daher, den Winkelhebel so einzustellen, daß der kurze senkrechte Hebelarm an dem Gelenkträger links zum Anschlag kommt, bevor dieses Klemmen im Kolben eintritt, wovon man sich bei der Montage von Hand durch Bewegen des Schwimmerhebels leicht überzeugen kann. Bei nicht ganz reinem Wasser ist öftere sorgfältige Reinigung des Gehäuseinnern geboten. Bei Hausleitungen, die mit Wassermesser kontrolliert sind, empfiehlt sich, diese Schwimmerventile zur Füllung von Behältern mit einigem Spielraum in den Gelenken anzulegen, damit sich das Ventil erst nach einem meßbaren Sinken des Wasserspiegels öffnet; anderenfalls wird bei langsamem Sinken und sofortigem Öffnen des Ventils unter Umständen eine so geringe Wasserentnahme herbeigeführt, daß sie vom Wassermesser nicht mehr richtig angezeigt wird.

Fig. 348 zeigt einen selbsttätigen Schwimmerverschluß für Wasserbehälter von Kühlenthal. Bei dieser Konstruktion wirkt der Auftrieb eines in zwei symmetrischen Hälften vorhandenen Schwimmers *S* an einem zweiarmigen Hebel *H*, dessen einen Arm die an einer Skala für beliebige Höhe des Wasserspiegels *W* einstellbaren Schwimmerstiele bilden; den anderen Arm bilden jenseits der Achse *A* zwei Daumen *D*, welche auf eine Metallbüchse *B* drücken, die in der Mitte der Ventilklappe *K* auf der äußeren Seite eingepaßt ist, während auf der inneren Seite der Klappe die Dichtung, eine Metallscheibe und eine Mutter sitzt. Mit der Mutter wird eine Ösenschraube fest an die Büchse *B* gepreßt und damit die Armatur der Klappe zusammengehalten. Von der Öse geht ein Metalldrahtseil um eine Nabe des Hebels *H*, welches so angespannt wird, daß in der gezeichneten Stellung des Schwimmers der Daumen *D* die Büchse *B* eben berührt hat. Steigt der Schwimmer noch mehr, so drückt der Daumen mit vermehrter Kraft auf die Klappe, da die Kräfte nunmehr wie bei einem Kniehebelgelenk wirken, und es wird ein sicherer Schluß des Ventils erreicht. Sinkt der Schwimmer, so entfernt sich der Daumen von der Klappe und das Drahtseil zieht sie von ihrem Sitz ab, falls sie ankleben sollte oder der Wasserdruck im Rohr nicht im stande wäre sie zu lüften. Um Unreinigkeiten

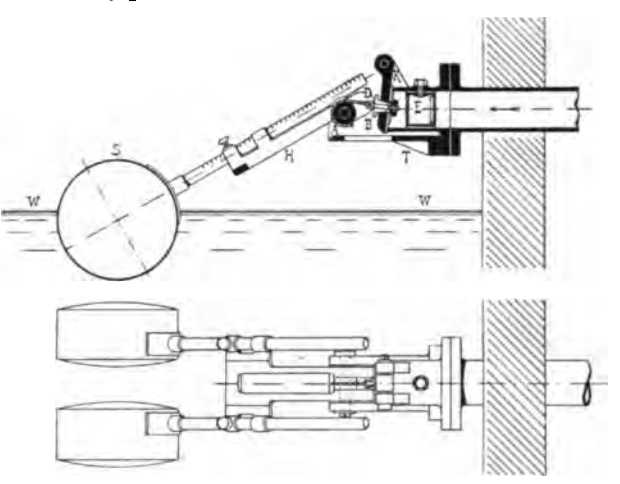


Fig. 348. Schwimmerventil von Kühlenthal mit Daumenverschluß.

von dem Klappenverschluß fernzuhalten, ist in dem Rohr ein Doppelsieb *E* eingesteckt, das nach Lösen der Kopfschraube mittels eines sogenannten Ventilhebers (ein Stück Draht mit Gewinde und Griff) herausgezogen wird. Damit der eintretende Wasserstrahl nicht auf den Schwimmer trifft und diesen beunruhigt, ist sowohl der Schwimmer zweiteilig ausgeführt als auch der Achsenträger *T* geschlitzt angeordnet; immerhin ist die Nähe und die Lage der Schwimmer in der Richtung des Strahles bei Hochdruckzuleitung bedenklich, da Schwankungen des Wasserspiegels unvermeidlich sein werden. Da die Einrichtung im übrigen nahezu reibungsfrei arbeitet, kann sie für Zuleitungen bis 100 Millimeter Lichtweite genügen.

In Fig. 349 ist das Selbstschlußventil des Reservoirs am Wolfsberg in Pforzheim dargestellt. Hier ist eine solche Anordnung des Schwimmerverschlusses gewählt worden, welche den Auftrieb des Schwimmers *S* mittels eines Hebelparallelogramms *H H H H* auf das Ventil *V* überträgt. Infolgedessen gelangt nur ein Bruchteil der Auftriebkraft zur Wirkung für den Ventilschluß; es ist daher ein ruhiges Arbeiten der Einrichtung zu erwarten, vorausgesetzt, daß das Ventil nur gegen einen niederen Druck abzusperren hat, was in Pforzheim zutrifft. Die wirksamen Kräfte verhalten sich wie die Diagonalen des Parallelogrammes. In der Nähe des Ventilschlusses, wie aus der Zeich-

nung ersichtlich, ist die Verstellkraft für das Ventil 1/2 der Auftriebkraft des Schwimmers. Hierbei ist die beträchtliche Reibung in den Rollenführungen *F F*, in der oberen Führung *O* und die Reibung in den vier Bolzengelenken *B* nicht berücksichtigt. Aus diesem ergibt sich, daß das Schwimmervolumen wie das Schwimmergewicht reichlich groß bemessen werden muß. Das Ventil selbst ist hohl ausgeführt, so daß es sich im Wasser selbst trägt, daher sein Gewicht für die Spindelreibung nicht in Frage kommt, dennoch ist die Ventilspindel *Sp* zur Sicherheit der zentrischen Führung des Ventils in dem Einlaufkasten *G* bei der Eintrittsseite in einem eingesteckten Kreuzring *K* auf einer Rolle *R* nochmals geführt. Da der Druck des einströmenden Wassers auf Schluß des Ventils wirkt, bleibt für den Schwimmer nicht mehr viel zu tun übrig, dafür wirkt sein bedeutendes Gewicht beim Sinken des Wasserspiegels umso energischer auf Öffnen des Ventils, als mit der Abwärtsbewegung das Hebelparallelogramm verschoben wird und damit das Verhältnis der Kräfte stetig wächst; in der Mitte des Hubes sind sie gleich groß. Für großen Überdruck darf das Ventil nicht angewendet werden, da ein etwaiges Tanzen des Schwimmers nachteilige Folgen für die Leitung haben könnte. Dieses Tanzen tritt in der Nähe des Ventilschlusses infolge Schwanken des Druckes gerne auf, und da die Ventiltellerfläche auf der Einströmseite größer ist als auf der Reservoirseite, so wirkt der Leitungsdruck verstärkt auf Schluß des Ventils hin, was bisweilen mit heftigem Schlag verbunden sein kann.

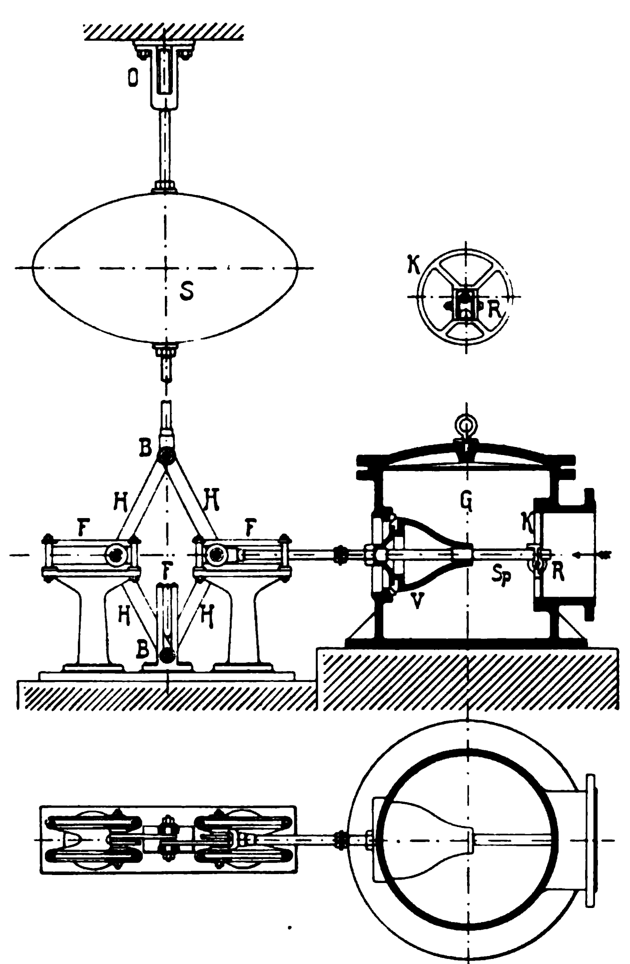


Fig. 349. Schwimmerventileinrichtung im Reservoir am Wolfsberg (Pforzheim) mit Hebelparallelogramm.

Bezüglich der vorstehend beschriebenen Einrichtungen ist folgendes zu bemerken. Hat ein selbsttätiges Abschlußorgan gegen hohen Druck oder gegen wechselnden Druck in einer als Verteilungsleitung dienenden Druckleitung (Förderleitung) abzuschließen, so können Klappen oder Ventile, auf welche dieser Druck ebenfalls wirkt, in Reservoiren nicht mehr mit Vorteil angewendet werden. Wie auch die Hebelübersetzung zwischen Schwimmer und Ventil geartet sein mag: stets wird nach eingetretenem Schluß ein Gleichgewichtszustand der Auftriebkraft einerseits und der hydrostatischen Belastung anderseits nur so lange bestehen können, als an beiden Kräften sich nichts ändert. Dies ist bei Leitungen mit wechselndem Druck nicht der Fall, und in allen Leitungen wechselt erfahrungsgemäß der Druck fortwährend, wenn auch manchmal in engen Grenzen. Tritt ein namhafterer Druckwechsel auf, z. B. bei plötzlicher Entnahme größerer Wassermengen und bei schnellem Schließen von Hydranten u. dgl., so wird im ersteren Falle die Klappe entlastet, der Schwimmer taucht um die durch das Hebelverhältnis bedingte Strecke aus dem Wasser heraus, welches Maß bei elastischen Abdichtungen der Klappen nicht unbedeutend sein kann. Selbst bei metallischen Dichtungsflächen, wie die eingeschliffenen Ventile sie besitzen, äußert sich dieses Austauchen, und zwar hier infolge des bei allen Mechanismen mit der Zeit eintretenden sogenannten „toten Ganges" in den Gelenken; es wird das Maß der Austauchung umso größer, je größer die Anzahl der Gelenke und je größer der Spielraum in ihnen ist. Erfolgt die Entlastung hinter dem Ventil plötzlich, so schnellt der Schwimmer im Wasser empor, um sofort wieder mehr als nötig zu sinken.

Dieses Spiel heißt man das „Tanzen" des Schwimmers. Es arbeitet auf raschere Abnutzung

der beteiligten Gelenke hin und verursacht bisweilen durch Einlaß von Wasser und plötzliches Absperren auch hinter dem Ventil unbeabsichtigte Drucksteigerungen in der Wasserzuleitung.

Im zweiten Falle, bei auftretender Drucksteigerung im Zuführungsrohr, wird, und zwar wenn der Druck unter der Klappe oder unter dem Ventil zur Wirkung gelangen kann, also auf Öffnen derselben gerichtet ist, das Ventil mehr geöffnet, mithin der Schwimmer gezwungen, mehr einzutauchen. Im übrigen wiederholt sich das Spiel wie eben beschrieben. — Von noch größerer

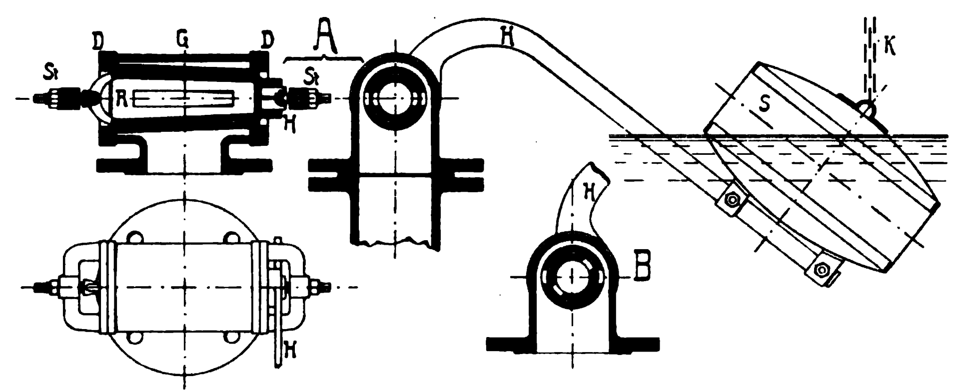


Fig. 350. Schwimmerhahn im Reservoir Geroksruhe (Stuttgart), 100 mm lichte Weite der unteren Eintrittsöffnung. M = 1 : 10.

Bedeutung ist der sogenannte „Ventilüberdruck". Tritt das Wasser oberhalb des Ventils oder der Klappe ein, so bietet die um die Dichtungsfläche vermehrte obere Ventilfläche dem wirksamen Druck einen größeren Widerstand dar, solange es noch keinen Druckausgleich durch das Öffnen gibt, als unmittelbar nach dem Öffnen. Ist einmal die Klappe geöffnet, kann also der Druck im Ventilspalt auch auf die untere Seite der Dichtungsfläche wirken, so schwimmt das Ventil sozusagen nur noch im Strome. Bevor jedoch dieser Zustand eingetreten ist, solange also noch der Druck auf der oberen Ventilfläche lastet, bedarf es eines nach Umständen sehr bedeutend vermehrten Gewichtes des Schwimmers, bevor er das Ventil endlich aufreißt. Im nächsten Augenblicke ist dieses Mehrgewicht vom Übel, der Schwimmer taucht mehr als nötig ein, das Ventil läßt große Mengen Wassers durch, die beim sofortigen Austauchen des tanzenden Schwimmers plötzlich wieder zurückgedrängt, ja ganz abgesperrt werden, und es sind Rohrbrüche auf diese Ursache schon zurückzuführen gewesen.

Um diesen Übelständen zu begegnen, ist die Anordnung eines Abschlußorganes nötig, welches völlig unabhängig vom außerhalb herrschenden Druck oder Druckwechsel arbeitet, ähnlich wie der in Fig. 350 gezeichnete Schwimmerhahn. Aus den Querschnitten *A* und *B* ist zu sehen, daß in einem Gehäuse *G* ein Rohr mit einander gegenüberliegenden Schlitzen eingeschlossen ist. Dieses Rohr ist das eigentliche Hahngehäuse, in welchem der Hahnreiber oder das Küken *R*, mit denselben Schlitzen versehen, dicht eingeschliffen sich drehen läßt. In der Stellung *A* stehen die vier Schlitze genau aufeinander, der Hahn ist offen, das Wasser tritt von unten ein, geht durch die Schlitze in das Innere des Kükens und strömt auf der linken, offenen Kükenseite aus. Die rechte Kükenseite hat einen Boden, an welchem ein Vierkant angegossen ist, das den Schwimmerhebel *H* und den an diesem mit Schrauben befestigten Kupferschwimmer *S* trägt. Gehäuse und Küken sind aus Rotguß, der Hebel von verzinntem Schmiedeisen. Da das Wasser auf allen Innenflächen des Reibers wirken kann, so ist Gleichgewicht vorhanden und nur ein kleiner Bodendruck auf die geschlossene Kükenseite ist bestrebt, den Reiber in den Konus hineinzudrücken. Damit auch dieser Druck unwirksam gemacht wird, ist mittels der Stellschrauben *St*, die in den Deckeln eingeschnitten sind, das Küken zwischen zwei Körnerspitzen aufgefangen, so daß es mit den Stellschrauben axial verschoben werden kann. Es wird bei dem Einbau des Hahns darauf zu achten sein, daß das Küken nicht weiter in den Konus hineingepreßt wird als eben nötig ist, um einerseits keine Reibung, anderseits keine Undichtheit, kein Rinnen aufkommen zu lassen. An dem Hebel *H*, oder von einem Schacht aus an der Kette *K* kann man sich jederzeit von dem reibungsfreien Gang des Hahns überzeugen. In dem geöffneten Zustande *A* schlägt der Hebel *H* mit einer Knacke an dem Deckel *D* (siehe Grundriß rechts) an; damit ist die tiefste Lage des Schwimmers bestimmt. Sinkt der Wasserspiegel im Reservoir noch weiter, so bleibt der Schwimmer in der Luft hängen, da der Anschlag des Hebels ein weiteres Sinken des Schwimmers nicht zuläßt. Steigt der Wasserspiegel und mit ihm der Schwimmer, so dreht sich der Hebel nach aufwärts, bis er in die Lage *B* kommt, woselbst sich das Küken *R* gegenüber dem Gehäuse *G* so viel gedreht hat, daß sich die vordem geöffneten Schlitze überdecken und den Wasserzufluß absperren. Der Schwimmer befindet sich

dann in horizontaler Lage und der Wasserspiegel hat sich über das Hahngehäuse erhoben, so daß der Austritt des Wasserstromes unter Wasser stattfindet. Auf diese Weise und weil überhaupt die Ausströmrichtung rechtwinklig zur Schwimmerrichtung liegt, ist der Wasserspiegel im Reservoir in der Nähe des Schwimmers ruhig; somit sind die auch hier zu fürchtenden tanzenden Schwimmerbewegungen möglichst vermieden.

Dient dieser Schwimmerhahn etwa zum Einlaß von Wasser aus einer Druckleitung, welche noch weiter aufwärts zu höher gelegenen Reservoiren führt, so hüte man sich, bei gefülltem Reservoir, also dann, wenn der Wasserspiegel ganz ruhig ist und nichts das Vorhandensein von Druck verrät, an der Schwimmerkette unbedachtsam zu ziehen, da man damit die tanzende Bewegung des Schwimmers einleitet und gefährliche Spannungen in der Druckleitung herbeiführen kann. Man warte vielmehr, bis infolge des Verbrauches der Wasserspiegel bis weit unter den Schwimmer gesunken ist und nehme die beabsichtigten Revisionen über das richtige Arbeiten des Schwimmers und den reibungsfreien Gang des Hahns behutsam durch langsames Auf- und Abbewegen des Schwimmers vor. Ist die Druckleitung leer, so kann der Hahn gelegentlich auseinandergenommen werden, um nachzusehen, ob die metallischen Schleifflächen noch rein sind; sollten sie inkrustiert sein, so muß unbedingt der Hahn frisch eingeschliffen werden, da anderenfalls ein Stecken- oder Hängenbleiben des Schwimmers nicht ganz ausgeschlossen ist. Es ist gut, wenn derlei Arbeiten jährlich einmal gelegentlich der Reinigung des Reservoirs vorgenommen werden. Abgesehen von dem Ansetzen von Wasserstein hat dieser Schwimmerhahn bei vorsichtiger Behandlung im Betrieb keine Nachteile. An diesem Beispiel eines 100 Millimeter lichtweiten Schwimmerabschlusses seien nun auch die mechanischen Beziehungen, soweit sie der Rechnung zugängig sind, in Kürze klargelegt. Länge und Durchmesser des Hahnkükens ergeben sich daraus, daß einerseits die äußere Form, bezüglich Rohrgehäuse und Flansche, den bestehenden Normalien entspricht, anderseits müssen die Querschnitte der beiden Kükenschlitze gleich dem freien Rohrquerschnitt sein. Das 100 Millimeter-Rohr hat 78,5 Quadratzentimeter Durchgangsquerschnitt, die Kükenschlitze haben 15 Zentimeter Länge, 2,7 Zentimeter Breite, also jeder Schlitz rund 40 Quadratzentimeter, zusammen 80 Quadratzentimeter Durchgangsquerschnitt. Daß die Höhlung des Kükens kleiner ist als 100 Millimeter, tut nichts zur Sache; es wird nur die Ausströmungsgeschwindigkeit des Wassers etwas größer als die Geschwindigkeit im Hauptrohr, welch letztere ja aus anderen Gründen selten hoch genommen wird. Der lichte Durchmesser am Kükenausgang ist 70 Millimeter, entsprechend etwa der Hälfte des Rohrquerschnittes, so daß also die Ausströmgeschwindigkeit zweimal größer ist als die Geschwindigkeit des Wassers im Hauptrohr. Aus der bei Hähnen erfahrungsgemäß zu treffenden Wahl des Anzuges, der Konizität, und zwar auf 100 Millimeter Länge 10 Millimeter Anzug, also $^1/_{10}$ Verjüngung des Durchmessers, ergibt sich dann der kleinste Durchmesser bei 200 Millimeter Kükenlänge am anderen Kükenende zu 55 Millimeter. Der mittlere äußere Kükendurchmesser, das ist derjenige, welcher für das Hebelverhältnis zum Schwimmer in Betracht zu ziehen ist, weil auf ihn reduziert die Reibung am Umfang des Kükens gedacht werden kann, beträgt bei Annahme einer den gußeisernen Rohrnormalien entnommenen Wandstärke von 9 Millimeter rund 80 Millimeter [0,5 . (70 + 55) + 2 . 9 = rd. 80].

Die Hebellänge, das ist die horizontale Entfernung von Mitte Hahn bis Mitte Schwimmer ist hier 1000 Millimeter, das ist die zehnfache Länge des lichten Rohrdurchmessers; bei größerer Hebellänge wäre ein Verbiegen des schmiedeisernen Hebels zu befürchten. Der Schwimmer hat 300 Millimeter Durchmesser und 150 Millimeter mittlere Höhe und wiegt bei 1 Millimeter Kupferblechdicke zu 8,85 Kilogramm pro Quadratmeter unter Zuschlag von ca. 10 Prozent für Bördelung, Verzinnung des äußeren Mantels, Befestigungsschrauben und einem Anteil an dem eintauchenden Hebel rund 2,75 Kilogramm. Sein Volumen ist 0,0106 Kubikmeter = rund 10,6 Liter; er kann demnach ganz eingetaucht 10,6 — 2,75 = 7,85 Kilogramm Auftrieb entwickeln. Für gewöhnlich taucht er jedoch nur zu 2,75 : 10,6 = 0,26, das ist etwas mehr als $^1/_4$ seiner Höhe, bezw. seines Volumens ein. Es verbleiben somit wirksames Schwimmervolumen: 7,85 — (0,26 . 10,6) = 7,85 — 2,75 = 5,10 Liter, entsprechend 5,1 Kilogramm Auftrieb, welche an dem Hebelarm 100 Zentimeter ein nutzbares Schwimmermoment = 510 Zentimeter-Kilogramm ergeben. Bei dem aus der Zeichnung und dem oben Gesagten zu entnehmenden mittleren Hebelarm der Kükenreibung von 80 Millimeter : 2 = 4 Zentimeter kann demnach der Schwimmer einen Reibungswiderstand am Hahnküken von 510 : 4 = 127,5 Kilogramm überwinden. So beträchtlich diese Größe auch erscheint, kann ein solcher Widerstand doch auftreten, wenn Fremdkörper zwischen die Schlitze geraten oder Steinansatz die Reibung vermehrt.

Angewendet auf den Schwimmerverschluß mit der in Fig. 348 gezeichneten Klappe könnte obiges Schwimmermoment bei sonst gleichen Hebelverhältnissen einem Druck des abgesperrten Wassers auf die lichte Öffnung der Klappe von ebenfalls 100 Millimeter nur Widerstand leisten bis 4 . 127,5 : π . 10^2 Quadratzentimeter = rund 1,5 Kilogramm-Quadratzentimeter, d. i. 1,5 metrische Atmosphären. Hieraus ist zu entnehmen, daß Klappenverschlüsse für hohen Druck sich nur eignen, wenn durch mechanische Übersetzungen (Kniegelenkhebel u. dgl.) das Schwimmer-

moment bedeutend vermehrt wird. Der in Fig. 350 gezeichnete Schwimmerhahn ist hingegen für beliebige Druckhöhen geeignet.

Bei Gruppenwasserversorgungen mit mehreren auf verschiedenen Höhen liegenden Reservoiren, welche alle von einer gemeinsamen Förderleitung gespeist und durch je eine besondere Versorgungsleitung nach der zugehörigen Ortschaft entleert werden (vgl. Abt. I, S. 778), zeigen die besprochenen Schwimmereinrichtungen den Übelstand, daß sie bei einsetzendem Verbrauch, also bei sinkendem Wasserspiegel ihres Reservoirs, den Einlauf wieder öffnen, auch wenn er eben erst sich geschlossen hatte. Dadurch wird nun die Förderung nach den höher gelegenen Reservoiren verlangsamt oder ganz unterbrochen und wegen der erfolgten Druckentlastung im Förderstrang eine nachteilige Rückwirkung auf den regulären Gang der Pumpwerke ausgeübt. Diesen Übelstand hat man [44] auf eine sehr beachtenswerte Weise bei der Wasserversorgung des Bodenheimer Gebietes (Rheinhessen) durch Einbau zweier Schwimmerventile beseitigt, von denen das erste den Einlauf bei Übereichhöhe absperrt, wenn sein Schwimmer, der, ähnlich wie in Fig. 347 gezeigt, in einen kleinen, oben offenen Kasten taucht, durch das Wasser im Kasten gehoben wird. Das zweite Schwimmerventil bringt den Kasten zur Entleerung, wenn der Wasserspiegel im Reservoir um mehr als die Kastenhöhe gesunken ist, da das Ventil am äußeren Kastenboden angebracht ist. Während dieser Zeit findet eine Unterbrechung der Förderung nicht statt, und sie läßt sich dem örtlichen Verbrauch durch beliebige Höhe des Kastens anpassen.

Außer den vorstehend aufgeführten Konstruktionen wird noch eine andere im früheren bereits besprochene Anordnung, die Drosselklappe, als Absperrorgan in Verbindung mit Schwimmern verwendet, sie dient jedoch mehr als Reguliereinrichtung, wenn es sich darum handelt, eine bestimmte Wasserspiegelhöhe konstant zu erhalten; es wird in § 60 bei den Filtermeßvorrichtungen des näheren darauf eingegangen werden. Im übrigen sei auf die Patente verwiesen.

Literatur

über Schwimmerventile.

[43] Ein neuer selbsttätiger Schwimmerverschluß für Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 200. — [44] Doppelschwimmereinrichtung in den Reservoiren der Bodenheimer Wasserversorgung. Ebenda 1906, S. 16. — [45] Schwimmereinrichtung im Hochbehälter der Hochdruckzone Freiburg i. B. Ebenda 1907, S. 882.

Deutsche Reichspatente

für Schwimmerventile.

Nr. 8658. Schwimmerhahn mit Kontrollverschluß. Müller. — Nr. 19 690. Neuerungen an stoßfrei schließenden Schwimmkugelhähnen. Bluhm. — Nr. 21 313. Neuerung an den unter 19 690 patentierten stoßfrei schließenden Schwimmkugelhähnen. Bluhm. — Nr. 81 666. Doppelsitzschwimmerventil. Springmann. — Nr. 88 404. Schwimmerhahn. Reinhard. — Nr. 88 838. Schwimmerventil. Schäffer & Oehlmann. — Nr. 90 084. Schwimmerventil. Mennesclou. — Nr. 100 198. Schwimmerventil. Mahler. — Nr. 101 867. Schwimmer. Hoßtrapp. — Nr. 113 050. Schwimmerventil für Hochdruckwasserleitungen. Bradley. — Nr. 119 590. Zusatz zu Nr. 81 666. Doppelsitzschwimmerventil. Springmann.

§ 55. Apparate zum Entfernen der Luft aus den Leitungen.

Um angesammelte Luft, welche eine höhere als die atmosphärische Pressung hat, in Rohrleitungen aus den oft unvermeidlichen (vgl. Abt. I, S. 96) sogenannten „hohen Punkten“ oder „Luftsäcken“ abzulassen, werden verschiedene Arten von Entlüftungsvorrichtungen verwendet. Die wirksamsten sind natürlich diejenigen, welche ohne Anwendung irgendwelcher besonderer Armaturstücke funktionieren; es sind dies zunächst die sogenannten Standröhren in den Reservoiren, oben offene, über den Wasserspiegel hervorragende Röhren, die beim Füllen der Rohrleitung von unten die nach oben strömende Luft austreten lassen; sodann ständig laufende Brunnen und die Hausanschlüsse an solchen „hohen Punkten“ oder wenigstens in unmittelbarster Nähe derselben. Da der Wasserverbrauch in den Häusern nahezu ununterbrochen, bei den ständig laufenden Brunnen immerwährend stattfindet, so ist eine Entlüftung der Straßenrohre ohne weiteres eingeleitet. — An jenen Orten, an welchen keine derartigen Anschlüsse möglich sind, pflegt man auch Hydranten an den hohen Punkten anzuordnen, welche von Zeit zu Zeit geöffnet werden, um durch sie zu entlüften. Sind Hydranten nicht angängig, so verwendet man besondere Entlüftungsschrauben, welche gewöhnlich in die Streifkastendeckel eingeschraubt werden. Solche Luftschrauben sind in der Regel in ihrer Mitte auf eine gewisse Tiefe durchbohrt und haben am Grunde der Durchbohrung seitlich eine kleine Öffnung. Nach einigen Schraubenumgängen, die mit der Luftschraube gemacht werden, kann etwa angesammelte Luft durch die ca. 5 Millimeter weiten Bohrungen rasch entweichen. Beim Durchgang von Luft hört man ein eigentümliches Pfeifen, welches so lange dauert, bis Wasser sichtbar oder hörbar ausströmt. — Um die sowohl bei Hydranten als auch bei Luftschrauben erforderliche aufmerksame Bedienung zu ersparen, hat man selbsttätige Entlüftungsventile in mannigfaltigen Ausführungen an den „hohen“ (zu entlüftenden) Punkten eingebaut, deren Wirksamkeit im allgemeinen auf einer Schwimmereinrichtung beruht, auf welche wir ausführlicher zurückkommen werden.

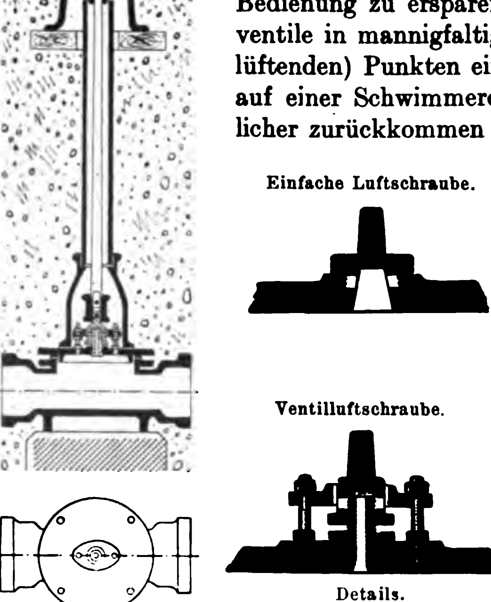


Fig. 351. Spuntkasten an Entlüftungspunkten mit Ventilluftschraube und Einbaugarnitur.

Steigt in einer auf der einen Seite aufwärts, auf der anderen Seite abwärts verlaufenden Leitung im Scheitel die Pressung nicht höher als auf die atmosphärische, so kann (vgl. Abt. I, S. 92 ff.) das Wasser nur dann über den höchsten Punkt wegfließen, wenn an letzterem durch Entziehen von Luft die Pressung verringert wird. Die unter solchen Bedingungen stehenden Leitungen nennt man Heberleitungen. Sie kommen hauptsächlich bei Wassergewinnungsanlagen in Betracht.

Die Armaturen und Einrichtungen für vorstehend genannte Zwecke sind folgende:

a) **Armaturen für einfache Entlüftung.** [1]—[5].

Luftschrauben. Die unter diesem Namen bekannten Armaturen sind die verbreitetsten Entlüftungsvorrichtungen. Fig. 351 zeigt rechts oben eine einfache Luftschraube mit querdurch-

bohrtem Hohlzapfen und Gummidichtung. Die Luft tritt aus dem Rohrinneren in die Höhlung des Schraubenzapfens und bei etwas gelüfteter Luftschraube durch die Querbohrungen ins Freie. Die untere Figur zeigt eine Ventilluftschraube, bei welcher das bewegte Gewinde sich nicht wie vorhin im Eisenrohr, sondern auf einem fest ins Rohr eingeschraubten Metallhohlzapfen dreht. Die Ventildichtung aus Blei, Leder oder Gummi ist unter dem Schlüsselvierkant eingelegt, die Luft tritt durch die Querbohrungen aus und die Einrichtung ist gegen vollständiges Herausdrehen durch den Quersteg geschützt. Beide Luftschrauben werden mit gewöhnlichen Hydrant-(Stangen)schlüsseln von Terrain aus bewegt, wie aus der Figur links ersichtlich ist, die einen Spuntkasten mit Einbaugarnitur darstellt.

Fig. 352 zeigt ein Hilfsmuffen-Abzweigstück mit Absperrventil zur Entlüftung. Diese Muffenverbindung zweier Rohrenden kann zugleich entweder zur Entlüftung oder zum Anschluß einer Hausleitung u. dgl. benutzt werden. In dem Aufguß ist ein Metallzapfen eingeschraubt, der mit

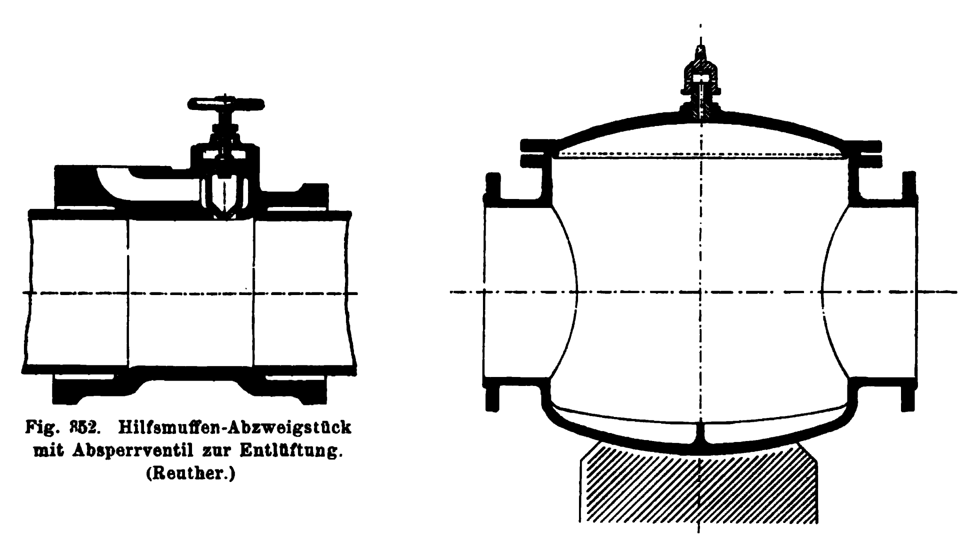


Fig. 352. Hilfsmuffen-Abzweigstück mit Absperrventil zur Entlüftung. (Reuther.)

Fig. 353. Teilkasten mit einfacher Luftschraube. (Freiburg.)

dem unteren konischen Ende die Rohröffnung abschließt. Die obere Metallschraube trägt zugleich die Stopfbüchse für die Ventilspindel. Die links befindliche Flanschenfläche dient für Anschlüsse an Hausleitungen, Brunnen etc.

Hat man die Wahl, so sind — wie schon erwähnt — Einrichtungen der letztgenannten Art vorzuziehen; überhaupt ist es zu empfehlen, allgemein alle Abzweigungen von den Rohrleitungen zum Zwecke der gründlichen Entfernung der Luft (vgl. S. 216) im Scheitel der Röhren abzunehmen. Die Bedienung der Luftschrauben wird sehr häufig ungenügend besorgt; das Schließen dieser Schrauben mit dem Steckschlüssel ist lästig und die Einrichtung wirkt durch das Ausblasen von Wasser nachteilig auf das Schachtmauerwerk ein, besonders dort, wo besondere Entwässerungsvorrichtungen fehlen und infolgedessen die Feuchtigkeit lange auf der Schachtsohle erhalten bleibt.

Fig. 353 zeigt einen Teilkasten, der bei Ansammlung von Luft mittels einer von der Straße aus zu öffnenden Luftschraube entlüftet werden kann. In den gewölbten Deckel ist am höchsten Punkt eine durchbohrte Metallschraube eingezogen, auf welcher sich das mit Muttergewinde versehene Schlüsselvierkant auf- und abschrauben läßt. Die Luftschraube (dieselbe wie in Fig. 351 rechts, unten) ist hier im geöffneten Zustande gezeichnet. Die Luft tritt von den beiden Querbohrungen aus ins Freie; sobald Wasser nachfolgt, wird durch Abwärtsschrauben die eingelegte Bleidichtung auf den Metallzapfen gepreßt und hiermit die Deckelöffnung verschlossen.

Selbstwirkende Luftventile. Allgemein gilt für die selbstwirkenden Schwimmer-Luftventile Nachstehendes: Ist G das Gewicht des Schwimmers an der Luft in Kilogramm, f die Größe der Verschlußfläche am oberen Ende des Stiftes gegen außen in Quadratzentimeter, p der Überdruck in der Rohrleitung in metrischen Atmosphären, gemessen in dem Zeitpunkte, in welchem die ganze Schwimmereinrichtung vom Wasser noch nicht berührt wird (also in der Luft hängt), so kann der Schwimmer — die Öffnung f bereits gut verschlossen gedacht — nur dann herabsinken, wenn $P = pf < G$, d. h. $f < \frac{G}{p}$ ist, unter der Annahme, daß sich das Gewicht G mit dem Pressungs-

das zweite kleinere Luftventil, durch eine hohle Metallkugel dargestellt, läßt dann noch die geringeren sich ansammelnden Luftmengen, auch während des Betriebes, austreten. Der Hartgummiball hat bei 126,5 Millimeter Durchmesser 1250 Kubikzentimeter Volumen, verdrängt also 1250 Gramm Wasser, sein Gewicht ist 857 Gramm, daher wird er mit 1250 — 857 = 393 Gramm emporgetrieben; die Metallkugel wiegt 1038 Gramm, hat den gleichen Durchmesser, wird daher bei atmosphärischer Pressung im Rohr mit 212 Gramm auf die kleine Ventilöffnung gedrückt. Etwa übertretendes Wasser wird durch ein Abflußrohr, das sich an das Gehäuse anschließt, abgeleitet.

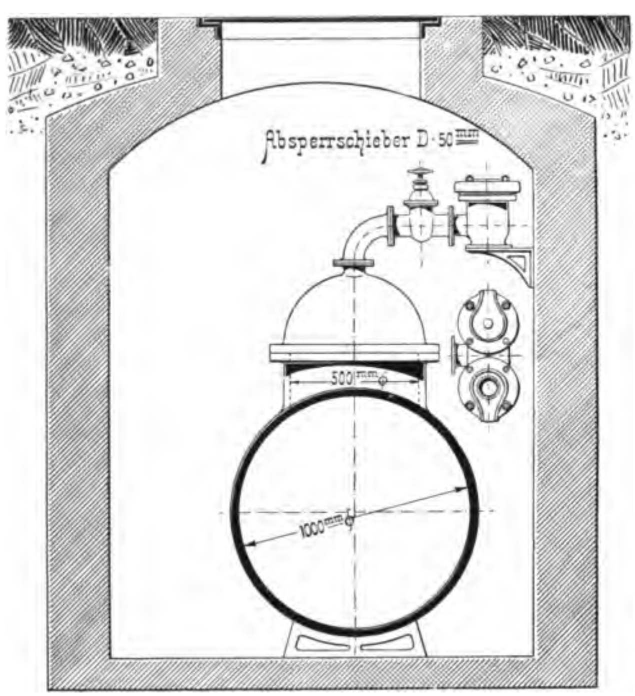


Fig. 355. Einbau von selbstwirkenden Doppelluftventilen von Breuer & Cie. in der Frankfurter Quellwasserleitung. M = 1 : 33.

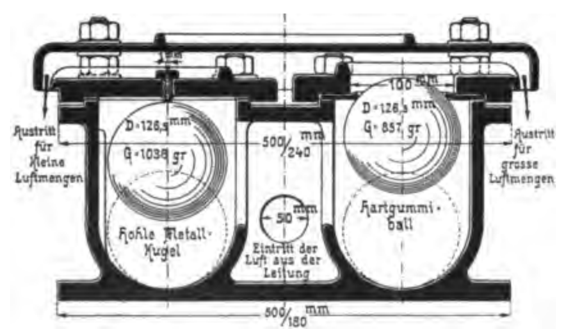


Fig. 356. Schnitt durch das Doppelluftventil von Breuer & Cie. M = 1 : 8.

Ein bei der Freiburger Wasserversorgung angewendeter Teilkasten mit selbstwirkendem Luftventil ist in den Fig. 357 und 358 dargestellt. Bei Ansammlung von Luft in der Deckelhöhlung des Teilkastens (Fig. 357) sinkt die vorher vom Wasser getragene hohle Kupferkugel auf den Querstab nieder und öffnet dadurch ein kleines, nur 1½ bis 2 Millimeter weites Loch (s. Fig. 358) in der oberen Verschlußschraube, indem die feine Metallspitze am oberen Kugelende die Öffnung freigibt. Die Kugel selbst wird an einem Messingstift, der in dem Querstab festgemacht ist, mittels der Hülse senkrecht geführt. Nach Ausströmen der Luft hebt das nachfolgende Wasser die Kugel wieder hoch und diese drückt mit der Metallspitze auf die kleine Ventilöffnung, um nachdrängendes Wasser zurückzuhalten.

Bei dem Teilkasten mit selbstwirkendem Luftventil (Fig. 359) ist, wie in der vorigen Figur, am höchsten Punkt des Teilkastens, jedoch in einem besonderen von außen aufzusetzenden Gehäuse, eine hohle Messingkugel (neuerdings eine Glaskugel) mit oberem Ventilstift eingebaut, die sich an der Ventilschraube in einer mittleren Führung oben und im Quersteg im Gehäuse unten senkrecht auf und ab bewegt. Die Wirkungsweise ist die gleiche wie bei Fig. 358. Die Luft tritt durch die Löcher, die um die obere Stiftführung herum angeordnet sind, in die Ventilschraube ein und zu einer kleinen zentral gelegenen Öffnung aus. Der Teilkasten wird von der Firma Bopp & Reuther in Mannheim nach Katalogmaßen W, H, B für Rohrdurchmesser angefertigt, wie sie nachstehende Tabelle zeigt:

Lichtweite der Rohrleitung	80	125	200	300	400	500	mm
Lichtweite W des Teilkastens	150	200	310	460	610	760	mm
Höhe H des Teilkastens	250	300	450	620	775	925	mm
Baulänge B des Teilkastens	325	375	500	650	850	1000	mm
Preis mit selbstwirkendem Luftventil	61	71	99	183	283	423	Mk.

Fig. 360 stellt ein selbstwirkendes Luftventil dar. Statt einer hohlen Messingkugel ist hier ein unten offener Kupferzylinder s als Schwimmkörper verwendet, der sich hebt, wenn Wasser

in das Gehäuse *g* tritt und mittels des kegelförmig zugespitzten Stiftes *a* erst eine kleine Öffnung im Ventilkegel *b* schließt, bei weiterem Steigen den Kegel *b* selbst auf den Sitz im Deckel *d* drückt. Sammelt sich Luft im Gehäuse, so sinkt der Schwimmer mit dem Stift *a* und öffnet dann auch das Ventil *b*. Zur Abhaltung von Unreinigkeiten ist in das Gehäuse ein Seiher *E* eingehängt. Luft und Wasserschaum treten durch die seitlichen Bohrungen unter der Deckelkappe ins Freie.

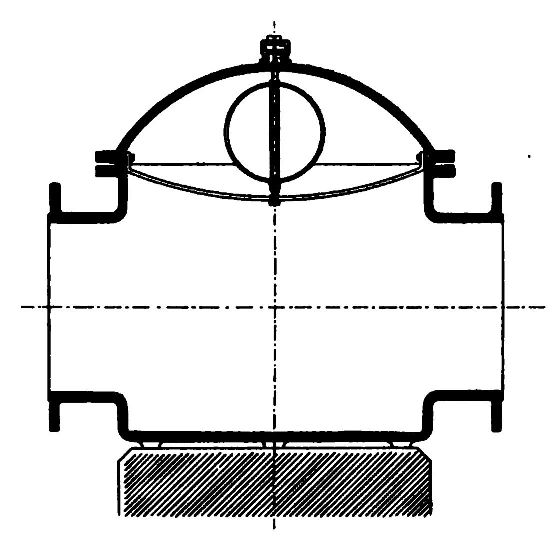


Fig. 357. Teilkasten mit selbstwirkendem Luftventil. (Freiburg.)

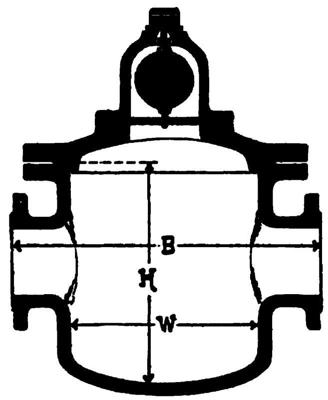


Fig. 359. Teilkasten mit selbstwirkendem Luftventil von Bopp & Reuther.

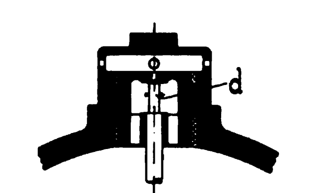


Fig. 358. Selbstwirkendes Luftventil. (Freiburg.)

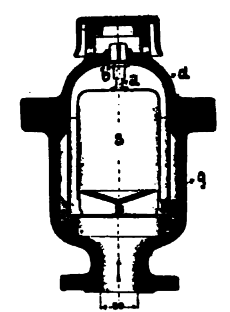


Fig. 360. Luftventil mit Schwimmer. (Reuther.)

Literatur
über Luftventile.

[1] Lux, Selbsttätiges Entlüftungs- und Entwässerungsventil für Druckleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 43. — [2] Tormin & Lipp, Rasch wirkendes Entlüftungsventil. Gesundh.-Ingen. 1896, S. 146. — [3] Differentialluftventil für Wasserrohrhauptstränge. System Panse. Gesundh.-Ingen. 1898, S. 112. — [4] Neues Luftventil und Ventil gegen Wasserschläge. Eng. Rec. April 1899, S. 493. — [5] Die Hochdruckwasserleitung und das angeschlossene Kraftwerk der Stadt Nordhausen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 1888.

Deutsche Reichspatente
über Luftventile.

Nr. 871. Entlüftungsventil. Flottmann. — Nr. 1466. Entlüftungsventil mit entlastetem Schwimmerzylinder. Flottmann. — Nr. 3815. Selbsttätiges Entlüftungsventil für Wasserleitungen. Trübenbach. — Nr. 6617. Entlüftungsventil für Hauswasserleitungen. Pflaumer & Schwietzke. — Nr. 15 075. Luftventil. Groos & Forberg. — Nr. 15 195. Entlüftungsventil. Flottmann. — Nr. 20 315. Selbsttätiges Luftventil. Bode. — Nr. 51 632. Selbstwirkendes Luftventil. Breuer. — Nr. 56 966. Selbsttätige Entlüftungseinrichtung für Druckwasserleitungen. Hamburger Freihafen- und Lagerhausgesellschaft. — Nr. 58 218. Entlüftungsventil mit zwangläufiger Bewegung für Wasserleitungsröhren. Jooß. — Nr. 62 901. Luftventil für Wasserleitungen. Regner. — Nr. 69 815. Entlüftungsventil. Menneson. — Nr. 87 110. Entlüftungsventil für Wasserleitungen. Stipperger. — Nr. 97 900. Luftventil. Butzke. — Nr. 99 476. Selbsttätig sich öffnendes Luftein-

laß- und Auslaßventil für Wasserleitungen. Eilert. — Nr. 102 084. Entleerungs- und Entlüftungsvorrichtung für Wasserleitungen. Spengler. — Nr. 119 147. Durch Wasserdruck abgeschlossener Lüftungshahn. Schuster.

b) Einrichtungen zur Herstellung des luftverdünnten Raumes bei Heberleitungen. [6]—[9].

Soll eine Reihe von Brunnen oder ähnlichen Wassergewinnungsanlagen von einer Zentralstelle aus abgesaugt werden und dabei die Saugleitung höher liegen als die abgesenkten Spiegel der einzelnen Brunnen, so wird diese Saugleitung nur dann Wasser liefern, wenn im Innern derselben ein luftverdünnter Raum hergestellt und so das Einfließen des Wassers von den Brunnen aus durch den atmosphärischen Druck bewirkt wird. Eine derart angeordnete Leitung heißt Heberleitung. Die Grenzen der Erhebung dieser Leitung über die gesenkten Brunnenspiegel sind durch Berechnung feststellbar und verweisen wir in dieser Hinsicht auf Abt. I, S. 94 ff. In der Regel soll die Heberleitung von den abzusaugenden Einzelbrunnen aus gegen den Sammelbrunnen ansteigen; das bietet den Vorteil, daß man die Luftverdünnung in der Leitung an einer einzigen Stelle vornehmen kann. Ausnahmsweise kann die Leitung auch gegen den Sammelbrunnen fallen; dann muß die Luftverdünnung an verschiedenen Stellen der Heberleitung bewirkt werden.

In Abt. I, S. 617 ist mit Fig. 252 eine Heberleitung von einem entfernt liegenden Brunnen nach dem Maschinenhause zu in ansteigender Lage gezeichnet; an deren höchstem Punkt beim Eintritt in das Maschinenhaus *M* in Fig. 361 muß mittels Anschluß an den Pumpensaugwindkessel oder mit besonderer Luftpumpe bezw. Strahlapparat die Luft kontinuierlich abgesaugt werden, damit der für die Wasserbewegung erforderliche luftverdünnte Raum bezw. eine geringere als die atmosphärische Pressung in der Heberleitung erhalten bleibe.

Fig. 361. Anschluß einer Heberleitung an den Strahlapparat.

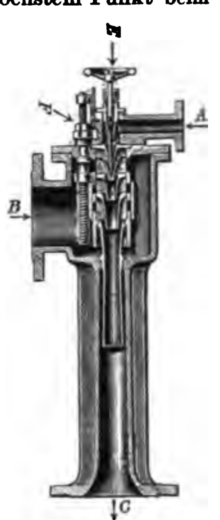


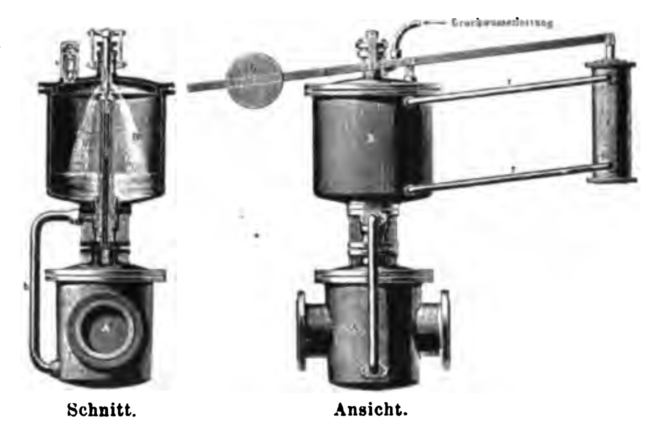
Fig. 362. Strahlapparat von Gebr. Körting, Hannover.

Bei Inbetriebsetzung der Heberleitung, deren beide Enden verschließbar sind (und zwar im Brunnen mit gewöhnlichem Fußventil, im Maschinenhause bei *K* durch eine nach außen sich öffnende Klappe oder ein Ventil, die von außen an dem Handrad *V* bedient werden können), muß diese erst mit Wasser aufgefüllt werden. Wird für die Luftabsaugung ein Wasserstrahlapparat nach Fig. 362 gewählt, so genügt das Öffnen des Ejektors mit dem Handrädchen *E*, wodurch Druckwasser von *A* her einströmt. Nach beendigter Füllung wird Ventil *V* in Fig. 361 geöffnet, die herabhängende Hebersäule beginnt zu sinken, das Wasser kann aus dem Brunnen in die Heberleitung gelangen und nach dem Bassin im Maschinenhause fließen. Da der Strahlapparat bei *B* am höchsten Punkte der Heberleitung aufgesetzt ist, wird bei entsprechender Regulierspindelstellung, die bei *F* in Fig. 362 noch besonders fixiert werden kann, sämtliche aus dem Saugwasser entweichende Luft abgesaugt und mit dem Druckwasser des Strahlapparates durch die Leitung *L* entweder in das Saugbassin oder zu sonstigem Verwendungszwecke weiter befördert. Es können selbstverständlich mehrere Heberleitungen in einem gemeinschaftlichen Sammelbassin auf diese Weise entlüftet und die Abflußleitung *L* für alle Strahlapparate gemeinsam benutzt werden. Die Strecke *St* des Strahlapparates, zwischen dem Düsensystem und dem Austrittsflansch *C* läßt sich durch Einschalten einer Glasröhre oder gegenüberliegender Schaugläser durchsichtig machen und die oft erstaunliche Menge von geförderter Luft und Gasen im Wasserstrahl in großen Blasen deutlich erkennen. — Wird der Betrieb der Pumpstation eingestellt, so ist die Klappe *K* zu schließen; andernfalls entleert sich unter der bestehenden Luftverdünnung fortgesetzt die Heberleitung in das Saugbassin und bringt dieses eventuell zum Überfließen, wenn sein normaler Wasserspiegel tiefer liegt als der jeweilige (nicht tiefste) Saugwasserspiegel im Brunnen (vgl. Fig. 252, Abt. I).

Wird die Entlüftung der Heberleitung nicht mittels Wasserstrahlapparates, sondern durch Anschluß an den Pumpensaugwindkessel oder an eine besondere Luftpumpe bewirkt, so muß am Scheitel der Heberleitung bei *B* (Fig. 361) ein Hahn angebracht werden, der mit der Druckwasserleitung in Verbindung steht, um den Heber zur Ingangsetzung mit Wasser füllen zu können.

Über das Abstellen der Heberleitung gilt dasselbe, was in § 59 bei den Lokomotivwasserkranen und hydraulischen Aufzügen hinsichtlich der großen bewegten Wassermassen gesagt wird. Nur kann bei Heberleitungen ein Windkessel nicht angebracht werden, weil sein Inhalt während des Betriebes schädlich wirkt. Es muß daher die Absperrung so langsam als möglich erfolgen. Hierzu eignet sich die Anordnung einer Klappe, die mittels Spindel und feinem Gewinde und an einem Hebelarm, wie Fig. 361 zeigt, arbeitet, besser als ein Ventil mit direkter Spindelabsperrung. Ventile mit doppeltem Sitz sind nicht zu empfehlen, da sie bei verhältnismäßig geringem Spindelweg große Querschnittsflächen absperren, also in kürzerer Zeit große Wassermengen zurückstauen, was besonders bei Saug- oder Heberleitungen von schädlichem Einfluß auf die Verbindungsstellen der Rohre werden kann, deren Undichtheiten nicht so leicht aufzufinden sind wie bei Druckleitungen.

Fig. 363 zeigt eine selbsttätige Entlüftungsvorrichtung für Heber- und Saugleitungen der Firma Bopp & Reuther in Mannheim. Die im Schnitt und in der Ansicht dargestellte, durch D. R.-P. Nr. 158 644 geschützte Vorrichtung wird in der Weise montiert, daß sie mit den Anschlußstutzen des Behälters *A* in die zu entlüftende Leitung zu sitzen kommt und zwar dort, wo diese am höchsten liegt. — Die Leitung muß so angelegt sein, daß alle Luft dieser höchsten Stelle zugeführt wird. Nachdem der Apparat eingebaut ist, tritt er selbsttätig in Betrieb. Die Wirkungsweise ist folgende: Ist der Behälter *B* mit Luft angefüllt, so befindet sich auch in dem mit *B* mittels der Rohrscharniere oder Metallschläuche *r* verbundenen Gefäße *C* Luft. In dieser Situation überwiegt das Moment des Gewichtes *G* dasjenige des Gefäßes *C*. Gefäß *C* befindet sich also in seiner höchsten Stellung. Die Verbindungsleitungen zwischen *A* und *B* sind dabei abgesperrt, dagegen die in der Figur oben rechts zugeführte Druckwasserleitung geöffnet. Das Druckwasser füllt die Behälter *B* und *C*, und die zusammengepreßte Luft wird dabei, während der Wasserspiegel steigt, durch Ventil *v* hindurch ins Freie getrieben. Wenn nun *B* und somit auch *C* bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser gefüllt sind, so überwiegt das Moment des Gefäßes *C* dasjenige des Gewichtes *G*, und *C* senkt sich daher in seine tiefste Stellung, womit zugleich die Druckwasserleitung abgesperrt und die Verbindungsleitungen zwischen *A* und *B* geöffnet werden. Die Luft, die sich in *A* angesammelt hat, entweicht durch Leitung *a* nach dem oberen Teile von *B*; die Flüssigkeit aus *B* läuft in dem Maße, wie hier Luft zutritt, durch das Rohr *b* nach *A*, bis der Wasserspiegel in *B* und *C* so weit gesunken ist, daß das Moment des Gewichtes *G* dasjenige des Gefäßes *C* überwiegt, worauf *C* sich wieder in seine höchste Stellung begibt. Dieses Spiel wiederholt sich. — Das Druckwasser braucht nur geringe Druckhöhe zu haben; es genügt, wenn der tiefste Wasserspiegel um ein geringes höher als das Auslaßventil *v* liegt. Die Vorteile der Einrichtung sind: Einfacher Betrieb ohne jegliche Bedienung gegenüber Luftpumpen- und Ejektorentlüftungen. Die langen Luftsaugleitungen und Dampfleitungen kommen in Fortfall. Bei bereits vorhandenen Heber- oder Saugleitungen kann der Behälter *A* wegbleiben und der Apparat mittels einer Anbohrrohrschelle auf den höchsten Punkt der Leitung montiert werden.



Schnitt. Ansicht.

Fig. 363. Selbsttätige Entlüftungsvorrichtung von Bopp & Reuther.

Ohne weiteres ist klar, daß eine Heberleitung nur so lange richtig funktioniert, als das Eindringen von Außenluft in dieselbe verhindert werden kann. Sobald Undichtigkeiten an Muffen,

Flanschen etc. vorhanden sind oder im Laufe der Zeit durch Bodensenkungen etc. entstehen, kann die ganze Anlage unwirksam werden. Es ist deshalb in allen Fällen, in welchen die Heberleitung tief unter der Bodenoberfläche liegt, so daß Reparaturen zeitraubend sind, ratsam, die Leitung in einen zugänglichen Stollen zu legen, um alle etwa entstehenden Defekte leicht auffinden und reparieren zu können. Eine derartige Anlage ist 1904 in Köln ausgeführt worden. Fig. 364 zeigt die Anordnung der Entlüftung an zwei gabelförmig vom Pumpmaschinenhaus sich ausdehnenden, je 1100, bezw. 1000 Millimeter Lichtweite und ca. 450 Meter Länge besitzenden Strängen, wovon jeder mit 45 Rohrbrunnen nach Fig. 365 verbunden ist. Jeder Rohrbrunnen besteht nach Fig. 366 aus einem gußeisernen Mantelrohr von 200 Millimeter Lichtweite und zu-

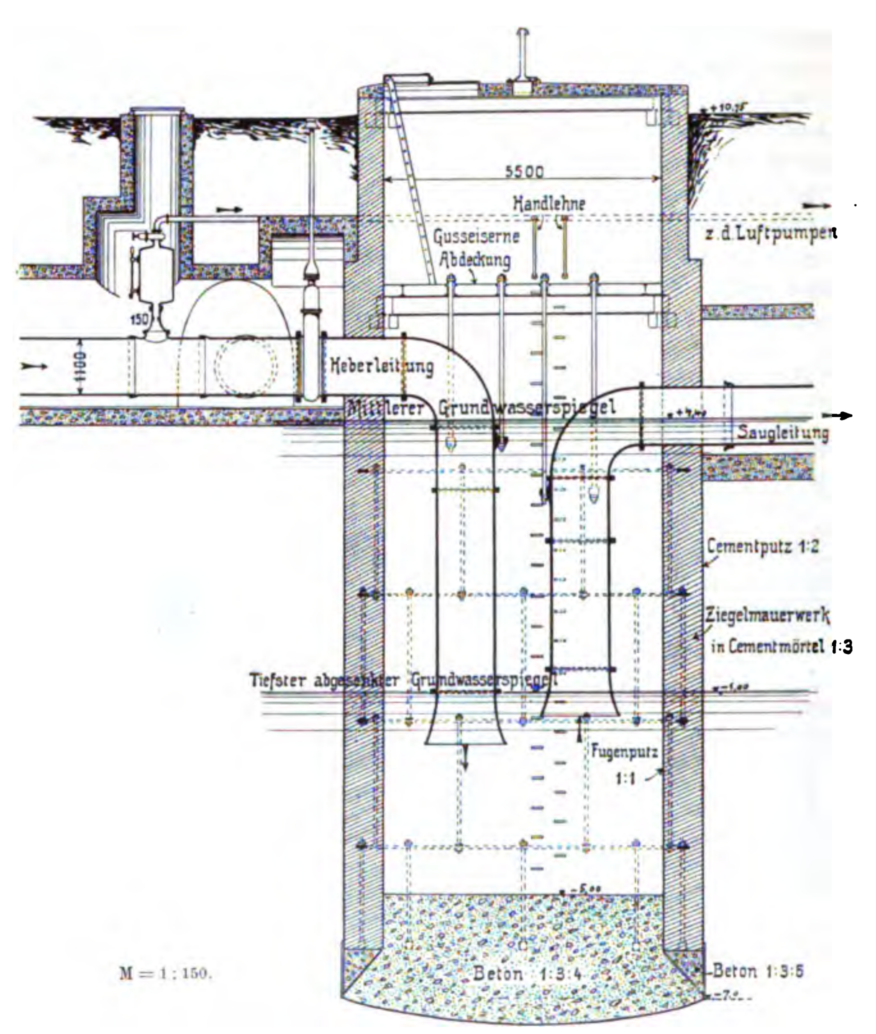


Fig. 364. Sammelbrunnen mit Entlüftungsanlage der Heberleitung im Grundwasserwerk Köln-Hochkirchen.

sammen 8 Meter Länge, das oben in dem Ansatzstück des vertikalen Bogens beginnt und unten bis zur undurchlässigen Schicht die Verlängerung von zusammen 8 Meter langen Filterkörben mit 200 Millimeter Lichtweite und verzinntem Kupferdrahtgewebe trägt. In dem Mantelrohr, das durch eine 2 Millimeter weite Durchbohrung der oberhalb befindlichen Bronzeschraube ventiliert wird, hängt ein 170 Millimeter weites Saugrohr von 2,5 Millimeter dickem verzinntem Kupferblech mit 7,20 Meter Länge und ein desgleichen 1,5 Millimeter dickes Beobachtungsrohr von 17 Millimeter Lichtweite, das oben in einer Stopfbüchse des Bogens abgedichtet und mit einer leicht abnehmbaren Kapsel dicht verschlossen ist. Der horizontale Krümmer von 200 Millimeter Lichtweite schließt mittels flachen Absperrschiebers von 230 Millimeter Baulänge an ein normales A-Formstück, aus dessen Baulänge 1,5 Meter sowie der links und rechts anstoßenden normalen Muffen-

röhren von je 4 Meter Länge sich die Entfernung von Mitte zu Mitte Rohrbrunnen mit 9,5 Meter ergibt. Beachtenswert ist in Fig. 364 der Einbau des 1100 Millimeter-Absperrschiebers mit nur 550 Millimeter Baulänge, der hinter der Verbindungsheberleitung mit dem zweiten Sammelbrunnen zum Zweck Ausschaltens je eines Stranges angebracht ist.

Die tiefe Lage des Grundwasserspiegels — 4,5 bis 12,5 Meter unter Terrain, je nach dessen natürlichem Stand und der beim Betrieb zu erwartenden tiefsten Absenkung — veranlaßte die Verlegung der Heberleitungen in einen begehbaren Kanal (Fig. 365), dessen Ausführung in Beton 1 : 3 : 6 per laufenden Meter 250 Mark kostete. Die sich unter dem Vakuum von ca. 7 Meter in den Hebern ausscheidende Luft wird vor den Einmündungen in die Sammelbrunnen (Fig. 364) nach kleinen Luftpumpen abgeleitet, die mit den Pumpmaschinen gekuppelt sind; für den gleichen Zweck sind zur Reserve Dampfstrahlapparate vorgesehen. Die genügende jeweilige Entlüftung wird an dem Wasserstandsglas erkannt, das an dem Windkessel vor dem Sammelbrunnen angebracht ist. Der Windkessel sitzt mit einer 150 Millimeter lichtweiten Verbindung auf einem 500 Millimeter lichtweiten Stutzen der Heberleitung, die bis zu dieser Stelle in einer

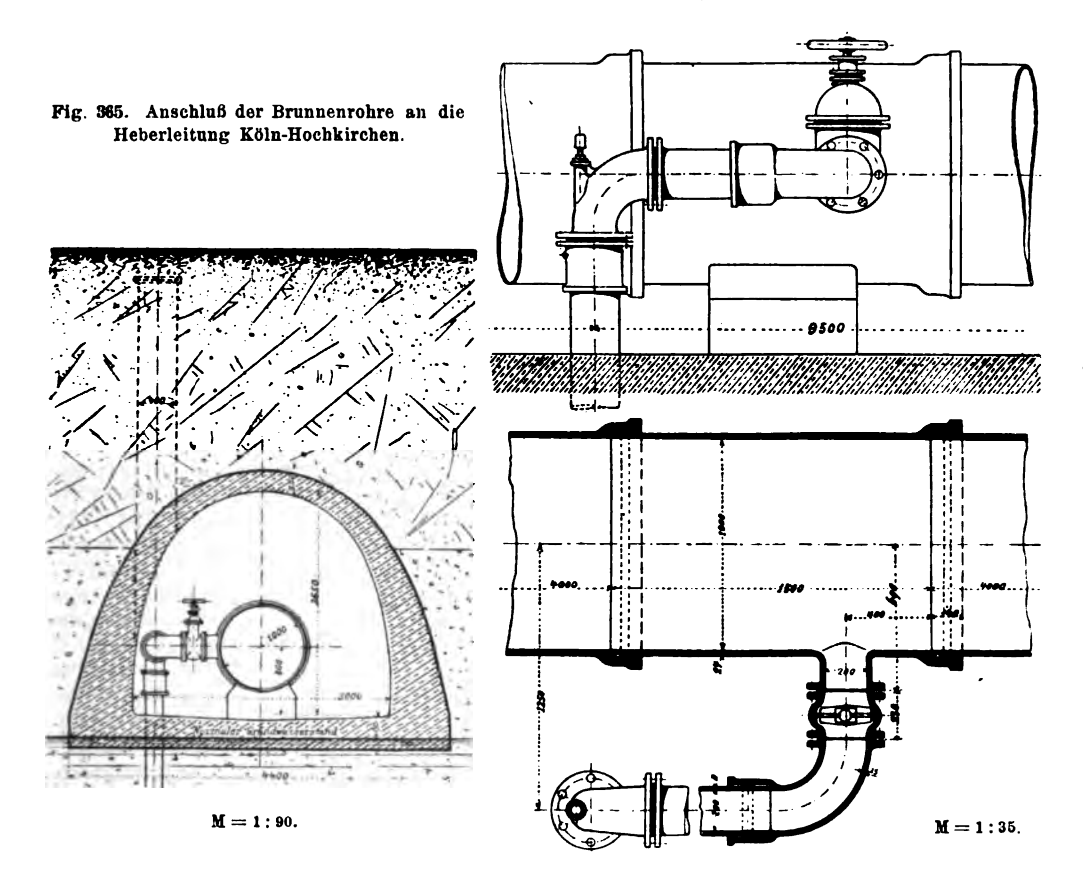


Fig. 365. Anschluß der Brunnenrohre an die Heberleitung Köln-Hochkirchen.

Steigung von 1 : 2000 im Kanal verlegt ist, um der mit dem Wasserstrom gehenden Luft dort Gelegenheit zum Eintritt in den Windkessel zu geben, aus welchem sie am höchsten Punkt durch eine 75 Millimeter lichtweite Leitung nach den Luftpumpen abgesaugt wird. Die Dichtung der gesamten Heber- und Saugleitungen erfolgt durch reinen Paragummi, um jeden Lufteintritt auszuschließen. Die Saugröhren von den einzelnen Rohrbrunnen sind in der aus Fig. 365 u. 366 ersichtlichen Weise durch eingezwängte Gummiringe gedichtet, während die Muffenrohre der Heberleitung nach dem in § 53 (S. 95 ff.) gezeigten Verfahren verlegt sind, wobei aber die Gummiringe hier nur in eingedrehte halbrunde Rillen von 10 Millimeter Tiefe und je 20 Millimeter mittlerer Entfernung vom glatten Rohrende gelegt werden, die sich beim Zusammenschieben der Rohre auf die äußere Rohrwand und an die innere Muffenwand pressen; die letztere kann innen glatt bleiben, da der atmosphärische Druck die Dichtung nur weiter hineinpreßt. Die Gummiringe für die einzelnen Verwendungen haben folgende Abmessungen:

Äußerer Rohrdurchmesser mm	Mittl. Gummiringdmr. mm	Dicke d. Ringes mm Dmr.	Gewicht pro Stück g
20 Beobachtungsrohr . . .	21	8	3,3
175 Saugrohr	158	18	56,1
220 Mantelrohr	196	20	193,5
222 Ansatzstück	216	32	545,8
1048 Heberleitungen 1000 l. W.	905	28	1750
1152 Heberleitungen 1100 l. W.	990	28	1915

Die Dichtungsringe für je 1 Rohrbrunnen kosteten 25 Mark, diejenigen für die 2 Heberleitungen zusammen 12 320 Mark, das ist pro Kilogramm 22 Mark.

Für die Dimensionierung der Heberleitungen galt die Bedingung, daß bei einer Höchstentnahme von 1013 Sekundenliter pro Heber auf 1000 Meter Länge nicht mehr als 0,9 Meter Reibungswiderstand auftreten sollten, was (nach Kutter) bei 1100 Millimeter Lichtweite der Fall ist. Theoretisch hätte der Durchmesser der Heberleitungen vom Sammelbrunnen ausgehend nach Einguß jedes einzelnen Brunnens entsprechend verringert werden können; aus praktischen Gründen ist dies aber nicht zu empfehlen. Unter Beibehaltung der geläufigen Handelskaliber ist eine Verringerung des Durchmessers erst dann durchgeführt worden, wenn die Durchflußmenge des Rohres sich so weit gemindert hatte, daß die restierende Menge in dem nächstkleineren Handelskaliber mit den gleichen spezifischen Reibungswiderständen fließt. Unter der Annahme, daß jeder Rohrbrunnen je 10 Sekundenliter liefert, ist die Heberleitung nach Anschluß von 23 Rohrbrunnen von 1100 auf 1000 Millimeter Lichtweite verringert worden; die vorgesehene Erweiterung wird künftig dann mit 900 Millimeter Lichtweite anschließen, nachdem die 45 Rohrbrunnen jeder Reihe nicht mehr ergiebig genug sein werden. Die Baukosten eines Rohrbrunnens haben 1600 Mark betragen bei 24 Zentimeter äußerer Weite, 20,0 Meter mittlerer Tiefe einschließlich Entsandung und Anschluß an die Heberleitung. Die Kosten der einzelnen Bestandteile und der Gesamtanlage werden in Abschnitt VII mitgeteilt werden.

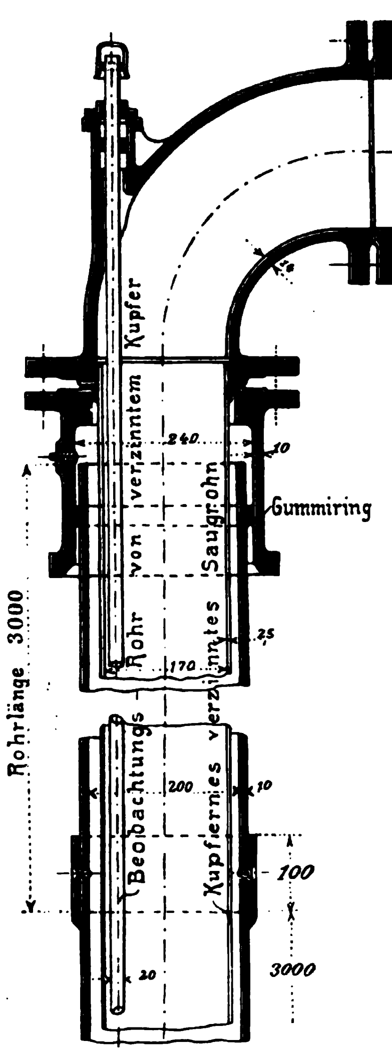


Fig. 366. Rohrbrunen der Heberleitung Köln-Hochkirchen. M = 1 : 10.

Die Einmündung der Heberleitung in den Sammelbrunnen ist nach Fig. 364 etwas tiefer als die Entnahmestelle des Wassers durch die Saugleitung gelegt, damit die beim Austreten des Heberwassers im Brunnen verursachten Wirbel nicht störend auf die Saugwirkung der Schöpfmaschinen wirken. Es hätte die Tieferlegung der Einmündung des Hebers bis nahe der Brunnensohle ausgeführt werden können und der senkrechte Teil könnte, statt mit 3 eisernen Zugstangen an dem eisernen Gebälk aufgehängt, ebensogut mittels Tragfüßen auf der Sohle aufstehen.

Der mittlere Grundwasserstand liegt in Köln-Hochkirchen so, daß das Wasser dem tiefsten Punkt der vertikalen Schöpfpumpen eben noch zuläuft, die Saughöhe ist dann also sehr gering; außerdem sind dort zur ersten Ingangsetzung der Pumpen die mit Druckwasser aufzufüllenden großen Saugwindkessel, welche direkt auf der Saugleitung sitzen und gegen den Sammelbrunnen durch eingebaute Schieber absperrbar sind, zu benutzen, so daß von der Anlage eines Fußventils an der Saugleitung im Sammelbrunnen Abstand genommen werden konnte; auch kommt der Umstand hier in Betracht, daß die Pumpen in ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb stehen. Wo diese günstigen Umstände nicht vorliegen, muß die Saugleitung, um sie vor Ingangsetzung aufzufüllen, im Brunnen ein Fußventil erhalten, das dann ebenfalls auf dem Boden aufstehen kann, so daß der Sammelbrunnen außer einer schmiedeisernen bis auf die Sohle reichenden Leiter keine Einbauten enthält.

Bei Heberleitungen, welche aus örtlichen Gründen nicht gegen den Sammelbrunnen bezw. gegen die Pumpstation ansteigend verlegt werden können, sondern meist dem Terrain folgend sogar fallen, muß die Entlüftung durch besondere Luftleitungen, die jeweils an dem höchsten Punkt der Verbindungsstelle des einzelnen Rohrbrunnens mit der Heberleitung ansetzen und mit je nach Entlüftung eines Brunnens sich vergrößerndem Durchmesser (es genügen in der Regel schmiedeiserne galvanisierte Röhren in den geläufigen Handelskalibern von 1 bis 3 Zoll = 25 bis 80 Millimeter) in Steigungen nicht unter 1 : 1000 nach der Pumpstation zur Luftpumpe, Strahlapparat u. dgl. geführt werden. Dabei kann die Luftleitung im gleichen Rohrgraben mit der Heberleitung liegen, nur mit dem Unterschiede, daß sie beide vom Beginn an in der Höhenlage stetig auseinander gehen; während die Heberleitung horizontal oder fallend verlegt wird, steigt die Luftleitung bis zum Ende. Da letztere nur Luft führt, kann die Rohrdeckung bis zu 1,0 Meter genommen werden. Noch seichter sie zu verlegen ist wegen der Bodensenkungen, die durch zufällige Belastung entstehen können, nicht empfehlenswert.

Das Beispiel einer ausgeführten fallenden Heberleitung bietet die Wassergewinnungsanlage von Pforzheim. Dort werden aus 8 Rohrbrunnen, die über eine Länge von rund 1000 Meter verteilt sind, mittels einer gußeisernen Muffenrohrleitung von 150 bis 425 Millimeter Lichtweite im Gefälle von durchschnittlich 0,0015 pro Meter, entsprechend dem verursachten Druckverlust durch die transportierten Wassermengen der einzelnen Rohrkaliber, 8,5—98,5 Sekundenliter Grundwasser nach der Pumpstation geführt, während die schmiedeiserne galvanisierte Entlüftungsleitung vom äußersten Ende der Heberleitung, wo sie etwa 0,5 Meter über derselben liegt, mit 1 : 1000 Steigung in 25 bis 63 Millimeter Lichtweite bei der Pumpstation 2,80 Meter hoch über jener mit der Rohrdeckung von 1,0 Meter endigt. Die Entlüftungsleitung wirkt an jeder der Saugleitungen zu den Einzelbrunnen sowohl als auch am Anfang und Ende der Heberleitung; dadurch ist eine gründliche Luftabsaugung gewährleistet. Die Heberleitung selbst liegt mit ihrem Scheitel in Höhe des normalen Grundwasserstandes und hat im allgemeinen ca. 1,5 Meter Bodendeckung; sie ist also eventuell durch Aufgrabung rasch zu erreichen und deshalb wurde hier von einem Stollen abgesehen. Die Anlage ist seit 1898 im Betrieb und hat bis jetzt (1906) noch keinerlei Reparatur erfordert. Fallend mußte die Heberleitung angelegt werden, weil die Spiegellage der Brunnen nicht in gleicher Meereshöhe sich befindet; es wäre letzteres nur dann erreichbar gewesen, wenn man die Brunnen in den Berg hinein gelegt hätte (das Grundwasser in Pforzheim kommt aus Buntsandstein), und das war der Kosten wegen undurchführbar. Gegenüber der steigenden Heberleitung hat die fallende den Nachteil, daß beim Aufhören des Pumpenbetriebes jeder einzelne Brunnen abgeschlossen und beim Beginn wieder geöffnet werden muß; übrigens umfaßt der Betrieb stets lange Perioden, so daß dieser Nachteil kaum empfunden wird. Es liegt also kein Grund vor, die fallenden Heberleitungen — wie das manchmal geschieht — als unzweckmäßige Dispositionen zu bezeichnen, sofern sie richtig ausgeführt und durch die bestehenden Verhältnisse begründet sind. Das Ab- und Anstellen der entfernt liegenden Absperrschieber an den einzelnen Brunnen kann bei Vorhandensein von Starkstrom auf elektrischem Wege von der Pumpstation aus geschehen, wie in § 54 bei den Schiebern S. 167 angegeben ist.

c) **Entlüftung von Filtratsammelleitungen** (Fig. 367).

Einen besonderen Fall für die Entlüftung bieten diejenigen Leitungen, welche das filtrierte Wasser aus den Reinwasserschächten S von Sandfiltern sammeln und es mit natürlichem Gefälle zu einem tiefer gelegenen Reinwasserbehälter führen. Diese Sammelleitungen L laufen gewöhnlich mit der gleichen Lichtweite vom ersten bis zum letzten Filter eines Filterwerks entlang den Reinwasserschächten, in welche die einzelnen Filter ihr Filtrat in der Regel über einen erhöhten Überlauf (vgl. § 60 bei den Filtermeßvorrichtungen) ergießen, und schließen mit ebensoviel Abzweigen an die betreffenden Reinwasserschächte an. Ist nun das örtliche Gefälle von diesen Schächten nach dem Reinwasserbehälter (bei Gravitationsversorgung ist dieser Behälter zugleich das Hochreservoir) so groß, daß das Wasser in

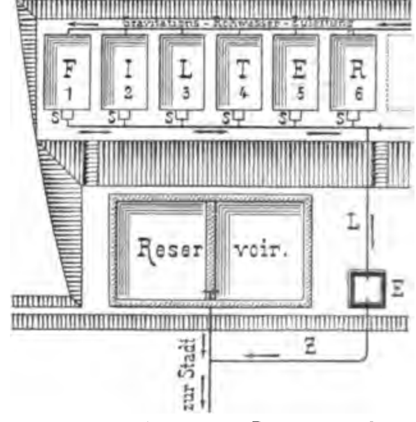


Fig. 367. Schematische Darstellung der Entlüftung von Filtratsammelleitungen.

der Sammelleitung eine beträchtliche Geschwindigkeit erreicht, 2 Meter oder mehr, so saugt das die Sammelleitung nicht ganz anfüllende, rasch fließende Wasser atmosphärische Luft aus der Leitung und ihren zahlreichen Abzweigungen an, wozu sich besonders in den besprochenen Reinwasserschächten Gelegenheit genug bietet, da die einzelnen Filter je nur Bruchteile der Gesamtfiltratmenge an das Sammelrohr abliefern, daher dessen Abzweige in den Reinwasserschächten selten ganz unter Wasser liegen. Bei bedeutendem örtlichen Gefälle der Sammelleitung (terrassenförmig situiertem Filterwerk) und infolgedessen großer Geschwindigkeit des Wassers in derselben wird auch eine gewisse Staudecke von Wasser über den Abzweigöffnungen noch von der atmosphärischen Luft in Form eines Wirbels durchbrochen. Kann nun die so mitgerissene Luft aus der Sammelleitung wieder entweichen, indem die Leitung zunächst in das Reservoir als freier, oberhalb oder unterhalb des Wasserspiegels stattfindender Einlauf mündet und eine besondere Verteilungsleitung von der Reservoirsohle wieder nach der Stadt weiterführt, wobei die Luft im Reservoir Zeit genug findet, in Blasen sich vom Wasser zu trennen, so braucht eine besondere Entlüftung der Sammelleitung nicht einzutreten. Ist jedoch das Reservoir nur nebenbei geschaltet, wie in Fig. 367 gezeigt, so daß die Sammelleitung und die Versorgungsleitung zur Stadt einen zusammenhängenden Rohrstrang bilden und nur eine Abzweigung nach dem Reservoir führt, so wird die im Wasser enthaltene Luft mit in die Stadtleitung fortgerissen, wo sie sich an den nächsten „hohen Punkten", als da sind: Schieberhauben, Teilkasten, Formstücke u. s. f. zunächst ausscheidet, um alsdann die obere Hälfte des Rohrquerschnittes anzufüllen und so den Durchfluß des Wassers zu hemmen. Hoch gelegene Versorgungsgebiete, die zudem an der kritischen Druckgrenze liegen, wenn an starken Verbrauchstagen das ganze disponible Druckgefälle der Versorgungsleitung nahezu durch Reibungswiderstände aufgezehrt wird, verspüren zuerst den Eintritt des geschilderten Zustandes. An schwachen Verbrauchstagen macht sich der Übelstand nicht bemerkbar, da alsdann die Sammelleitung den größten Teil des Luft- und Wassergemisches an das Reservoir abliefert.

In ersterem Falle gibt es nur ein Mittel, um die beigemischte Luft dem Wasser wieder zu entreißen; dasselbe besteht in der Auseinandertrennung der beiden vorher einen Strang bildenden Leitungen LZ an einer geeigneten Stelle vor der Abzweigung zum Reservoir, sodann bei E, Fig. 367, in der Anlage eines Entlüftungsschachtes, in welchen oben die Filtratsammelleitung einmündet, die das Wasser in dem Schacht herabfallen läßt, wodurch es die mitgerissene Luft freigibt, und in dem Anschluß der Stadtleitung an die Schachtsohle, wie bei einem gewöhnlichen Reservoir.

Literatur

über Heberleitungen.

[6] Heberleitungen mit Körtingschem Dampfstrahlinjektor. Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins. 1900, S. 454. — [7] Eine Heberleitung von 4.5 Kilometer Länge in Mülhausen im Elsaß. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 148. — [8] Heberrohrleitung als Dücker im Wasserwerk Tilburg. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 777. — [9] Über Erfahrungen mit Heberleitungen, Metzger. Gesundheitsingenieur, 1906, S. 185 f.

§ 56. Leerläufe und Spülapparate an Teilkasten, an Dückerleitungen und Reservoiren.

Im nachstehenden sind einige dieser Vorrichtungen durch Figuren erläutert; ihre Handhabung und Wirkungsweise ist einfach und wird bei dem betreffenden Detail besprochen.

Für kleinere Behälter eignet sich der in Fig. 368 gezeigte Ablaufverschluß, der in der Regel aus Bronze, seltener aus Gußeisen angefertigt wird. Das Unterteil wird in den Behälterboden einzementiert, der Zapfen kann mittels Kette oder Haken emporgezogen werden. Der eingeschliffene Konus erhält die Verjüngung 2 : 3.

Fig. 369 zeigt einen einfachen Leerlauf in Reservoiren. Auf dem Abflußrohr ist ein Flansch mit Ventilsitz aus Bronze aufgeschraubt, im Flansch sind zwei Stützen befestigt, die oben eine Traverse mit Muttergewinde für die Ventilspindel tragen, welche mittels Gestänge über dem

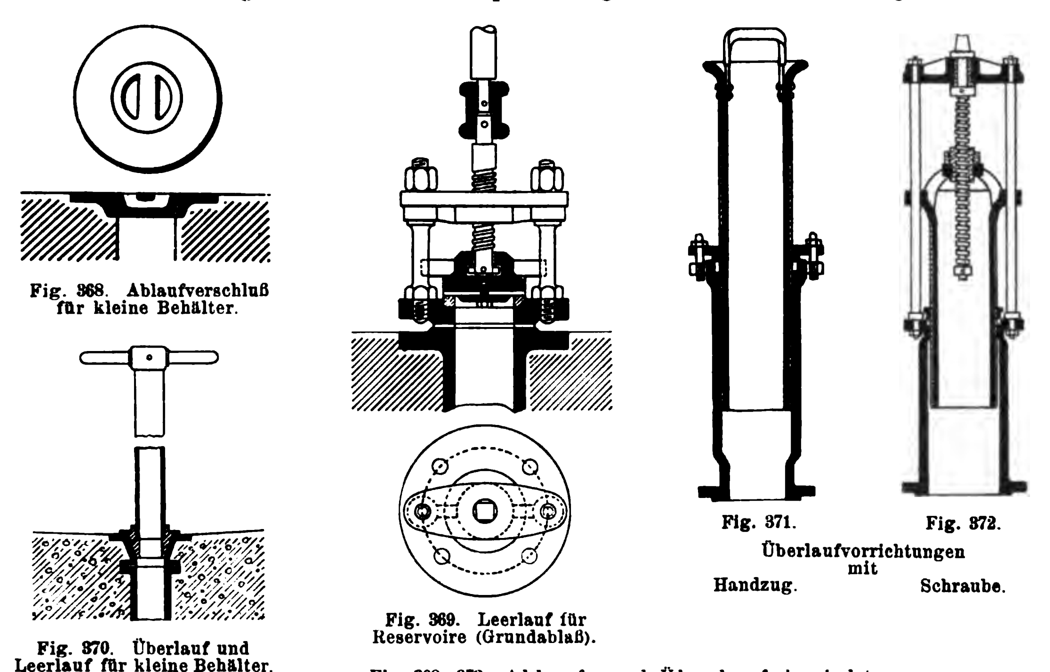


Fig. 368. Ablaufverschluß für kleine Behälter.

Fig. 369. Leerlauf für Reservoire (Grundablaß).

Fig. 370. Überlauf und Leerlauf für kleine Behälter.

Fig. 371. Fig. 372. Überlaufvorrichtungen mit Handzug. Schraube.

Fig. 368—373. Ablauf- und Überlaufeinrichtungen.

Wasserspiegel des Reservoirs bewegt wird. Der Ventilkegel ist ein an den senkrechten Stützen sich führender Gußteller mit Belederung zur Abdichtung. Mit Ausnahme der schwereren Gußkörper sind alle übrigen Bestandteile des Leerlaufes möglichst aus Bronze anzufertigen (vgl. a. Fig. 269 u. 270, S. 176).

Sehr verbreitet und zweckmäßig ist die in Fig. 370 dargestellte Überlauf- und Leerlaufvorrichtung in kleineren Behältern. Der Überlauf ist hier mit dem Grundablaß in der Weise verbunden, daß der Ablaßkonus hohl gemacht und mit einem Standrohr von der Höhe bis zum Wasserspiegel verschraubt wird. Das Standrohr trägt oben eine Muffe mit zwei eingeschraubten Handgriffen und wird, wenn Verstopfungen durch Laub u. dgl. zu befürchten sind, noch mit einem Drahtgeflecht oder einer umgestülpten Kapsel versehen, die dem Überlauf nur an der unter Wasser gelegenen Kante der Kapsel den Eintritt in das Rohr gestattet. Die Kapsel erhält oben ein kleines Luftloch, um bei volllaufendem Abfallrohr das Entstehen einer Luftverdünnung, die das Herabsinken der Wassersäule verhindern würde, zu verhüten.

Soll der Wasserinhalt eines Behälters nur teilweise und nicht durch den Grundablaß, sondern von oben her zum Abfluß gebracht werden, was sich z. B. empfiehlt, wenn der Wasserspiegel eine Haut von Staub, Öl u. s. w. trägt, so wird mit der in Fig. 371 gezeichneten, in einem Stopfbüchsenaufsatz geführten Pistonröhre, die sich

von Hand oder mittels Haken an dem oberen Griff vertikal auf und ab ziehen läßt, der Überlauf über die obere trichterförmig erweiterte Mündung veranlaßt. Um Anrostungen zu vermeiden, ist das Überlaufrohr mit einem dünnen Mantel von Bronze umgossen und sehr glatt abgedreht, damit es sich von Hand ohne besondere Anstrengung bewegen läßt. Vorzuziehen ist die Ausführung des Überlaufrohres ganz in Bronze und das Ausbüchsen der Stopfbüchsenführung mit Bronzefuttern.

Für Behälter, deren Überlauf genau geregelt sein soll, z. B. Filterbassins, oder für Lichtweiten, bei welchen die schweren Röhren von Hand nicht direkt bewegt werden können, bedient man sich zum Auf- und Abschieben des Überlaufrohres nach Fig. 372 einer Schraube, die in einer auf 2, besser 3 Stützen befestigten Traverse drehbar, aber nicht in Richtung der Achse beweglich ist. Das Gewinde ist wie das der Schieberspindeln, die Mutter sitzt fest in einem Bügel, der an der oberen Trichtermündung mittels zweier Stege angegossen ist, das Trichterrohr führt sich in Ösen an den senkrechten Stützen. Das Rohr ist wie in Fig. 371 in Gußeisen ausgeführt und mit einem glatten Bronzemantel umhüllt. Wo es immer angeht, sollten sämtliche Bestandteile der Überlaufvorrichtung aus Bronze angefertigt werden.

Soll eine bestimmte Wassermenge Q in Kubikmetern pro Sekunde zum Abfluß gelangen, so steht der Wasserspiegel im Behälter um den Betrag h höher als die Überlaufkante, da $Q = 0{,}4242\, \pi\, D\, h \sqrt{2 g h}$, worin D den äußeren Durchmesser des Trichters bedeutet, der hier die Überfallkante eines vollkommenen Überfalls bildet, $\pi\, D$ ist die Breite des Überfalls, 0,4242 der Ausflußkoeffizient (D und h in Meter).

Fig. 373 zeigt eine reibungslose, sehr leicht bewegliche Überlaufvorrichtung, die mittels eines sackartig umgestülpten Gummischlauches durch ein Schraubengetriebe auf und ab bewegt werden kann. Für kleine Lichtweiten ist sie nicht anwendbar, da das Umstülpen des Gummischlauches nicht gut möglich ist, umso vorteilhafter wird dagegen die Vorrichtung bei großen Durchmessern, etwa von 0,80 Meter an aufwärts. Der Überlauftrichter wird durch sein Eigengewicht stets nach abwärts gezogen und überwindet hierbei den unmeßbar geringen Widerstand des Schlauches. Gegen die beim Auf- und Abbewegen auftretende Drehkraft ist der Trichter durch eine Anzahl am Umfang verteilter Stangen gesichert, welche ihm zugleich eine senkrechte Führung bieten. Der Antrieb des Räderwerkes kann mittels horizontaler Welle, eventuell auch durch eine biegsame Welle (Metallschlauch) von weitem her stattfinden, was diese Vorrichtung bei großen Behältern, deren Überlauf in der Mitte liegt, wertvoll macht. Dieselbe Vorrichtung kann mit entsprechender Verlängerung und Verstärkung der senkrechten Führungsstangen und etwaiger Verlegung des umgebenden Mantelsiebes in das Innere des Ablauftrichters zur Entnahme von Wasser aus verschiedenen Tiefen bei Stauweihern, Seen u. dgl. verwendet werden. Das Schutzsieb kann aus länglich geschlitztem Blech oder aus Drahtsieb bestehen; es ist nötig, ein solches anzubringen, um den Einlauf zufällig umherschwimmender sperriger Körper (Holzstücke) zu verhindern, die eine Verstopfung der Abflußleitung oder eine Verletzung des Gummischlauches herbeiführen könnten. Wird das Schutzsieb aus starkem gelochtem Blech hergestellt, so dient dieses zugleich als Träger für den oberen Traversring, und die senkrechten Führungsstangen können durch Leisten am Innern des Blechmantels ersetzt werden.

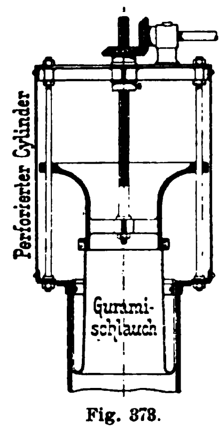


Fig. 373.
Überlaufvorrichtung mit Schlauch.

Bei Dückerleitungen, die beim Rohrverlegen in Abschnitt VI noch besonders besprochen werden sollen, von welchen aber schon in Abt. I, S. 718 ff. die Rede war, ist ein Hauptwert darauf zu legen, daß eine möglichst vollkommene Spülung des Dückers erreicht wird. Besonders bei Dückern, welche unreines Wasser führen, wie z. B. Zuleitungen von Fluß- oder Seewasser auf die Filteranlagen, in denen wegen des meist geringen Gefälles eine nur geringe Wassergeschwindigkeit herrscht, setzen sich im tiefsten Teile des Dückers Schlammablagerungen an, die nicht nur den Querschnitt des Rohres verlegen, sondern einen Aufenthaltsort für allerlei Organismen bilden. Ein Aus-

schwemmen dieser Ablagerungen ist nur dann möglich, wenn durch Leerlaufeinrichtungen dafür gesorgt ist, daß das Wasser, auch wenn der Dücker nicht ganz volllaufen sollte, auf dem Grunde des Dückers Geschwindigkeiten von 2 bis 3 Meter annehmen kann, so daß alle anhaftenden Stoffe aufgewirbelt werden. Läßt sich diese Anordnung, sei es aus Mangel an Gefälle oder an Wasser, nicht erzielen, so muß für eine anderweitige Reinigung des Dückers gesorgt werden. Dazu dient vor allen Dingen der Auslaß des Wassers in einen Schacht, den sogenannten „Dückerbrunnen", gegen welchen die Leitung mit Gefälle anzulegen ist. In solchen Fällen werden Einrichtungen benutzt, wie wir sie im folgenden beschreiben.

Die Entleerung des Dückers geschieht, wie Fig. 374 zeigt, nicht selbsttätig, sondern mittels Strahlapparates *E*, der in dem Dückerbrunnen montiert ist und, falls der hohe Wasserstand im Dücker *D*, bezw. in dem anschließenden Kanal *K* es nicht gestattet, auch von der Oberfläche aus durch Druckwasser in Betrieb gesetzt werden kann. Die Zuleitung des Triebwassers erfolgt durch *Z*; der Seiher *S* des Strahlapparates steht in einem Sumpf des Dückerbrunnens, so daß die ganze Sohle des Dückers *D* frei gelegt und gereinigt werden kann. Eine andere Reinigung als durch Herausfegen des Schlammes etc. von Hand ist bei großen Dückeranlagen fast nicht angängig, da selten so große Wassermengen zur Verfügung stehen, um durch etwa vermehrte Geschwindigkeit des Wassers den Schlamm etc. auszuspülen, während das Einbringen von Reinigungsapparaten in den volllaufenden Dücker wegen des abwärtssteigenden Astes nur mit großen Schwierigkeiten möglich sein dürfte. Es bleibt also nichts anderes übrig, als den Dücker am jenseitigen Ende zu schließen, wenigstens so weit, daß der Strahlapparat im Dückerbrunnen etwaiges Rinnen der Abschlußvorrichtung (Schieber, Schleuse, Falle) noch zu bewältigen vermag, sodann den Wasserinhalt auszusaugen, und, falls sich der aus dem Dücker durch Krücken, Schaufeln und Bürsten zusammen nach dem Brunnen geschaffte Schlamm in wässerigem Zustande befindet, mittels des Strahlapparates an die Oberfläche zu befördern, wozu das Absperrventil beim Ausguß *A* abgeflanscht und durch eine Steigröhre, die bis über Terrain reicht, ersetzt wird. Ist der Schlamm so dick, daß er nicht mehr den Seiher des Strahlapparates passieren kann, so wird er nach bekannter Art der Dohlenreinigungen in eisernen Eimern mittels Ketten und oben aufgestellter Bockwinde zu Tage gefördert.

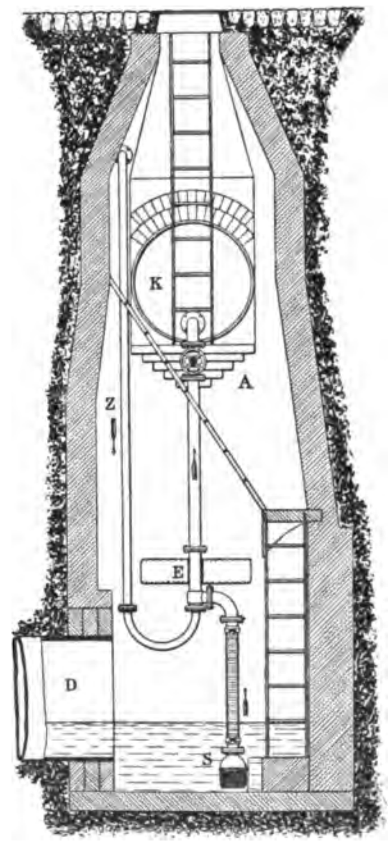


Fig. 374. Einrichtung zur Entleerung eines Dückerbrunnens von Gebr. Körting.

Liegt der Dücker an Stellen, wo Druckwasser nicht zur Verfügung ist, so kann die Entleerung mittels Lokomobile und Schachtpumpe, bei kleineren Verhältnissen mit Baupumpen, Feuerspritzen, auch durch Dampf- oder Druckluftstrahlapparate erfolgen, welche Apparate von der Firma Gebr. Körting für die verschiedenartigsten Verwendungszwecke in ähnlicher Anordnung wie der in Fig. 362 (§ 55) gezeigte Wasserstrahlapparat angefertigt werden. Neuerdings werden auch elektrisch betriebene Kreiselpumpen hierzu verwendet, s. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., Jahrg. 1906, S. 45.

Eine andere von der genannten Firma eingerichtete Wasserhebungsanlage, wie sie auch für Dücker verwendet werden kann, ist durch Fig. 375 wiedergegeben. Sie dient im Wasserwerk der Stadt Magdeburg zur zeitweisen Förderung von Elbwasser in den um ca. 1 Meter höher liegenden Hauptzuleitungskanal auf die Filter. Solange der Wasserstand der Elbe in *F* höher steht als der im Kanal *B*, fließt das Wasser ohne weitere Hilfsmittel auf die Filter. Bei niederem Stande treten die 4 zusammengebauten Wasserstrahlelevatoren *D D D D* in Tätigkeit. Sie werden von einem Druckstrang aus, der an den Verteiler *C* anschließt, mit 5 Atmosphären Druck betrieben und heben zusammen 25 Kubikmeter Wasser in der Minute um 1 Meter, indem sie hierbei auf 1 Liter Betriebswasser 5 Liter Elbwasser fördern. Zur Einstellung der Wassermenge dienen in der Wasserdüse bewegliche Regulierspindeln, wie bei Fig. 361 besprochen wurde. Zum Ansaugen ist ein

Wasserstrahlluftsauger (wie in Fig. 362) angebracht, welcher die Apparate luftleer saugt und anfüllt. Hiernach übernehmen die Apparate die vollständige Arbeit. Zur Vermeidung des Zurückhebens durch etwa außer Betrieb gesetzte Apparate sind Drosselklappen *H H* unterhalb der Elevatoren in den nach unten in das Kanalwasser mündenden Druck- oder Ausgußrohren vorgesehen. Den gleichen Zweck erreicht man jedoch auch durch Öffnen der Luftventile an dem Wasserstrahlluftsauger, wodurch die Luftverdünnung in den Saugeleitungen *E E* gestört wird. Die Wasserstrahlluftsauger sind in Fig. 375 nicht besonders gezeigt. Bei *G* ist an das Kanalende eine Schleuse angeschlossen, die im normalen Betriebe offen steht, um das höher liegende Elbwasser in den Kanal einzulassen. Bei niederem Elbstande ist sie geschlossen und bildet sie die wasserhaltende Rückwand des Kanals, endlich kann sie schließlich als Spülschleuse dienen, um den gefüllten Kanal nach rückwärts zu spülen, was ebenfalls nur bei niederem Wasserstande der Elbe geschehen kann.

Spülschleuse für Rohrleitungen. Eine wirksame Spülung von Rohrsträngen erfolgt nur, wenn die Abflußöffnung vom tiefsten Punkt des Rohres abzweigt, denn nur dann können auf dem Grunde der Leitung liegende Unreinigkeiten hinausgefegt werden. Um nicht horizontale Schieber einbauen zu müssen, die sich von oben, sei es im Schacht oder von der Terrainoberfläche aus nicht bequem handhaben lassen, ist man

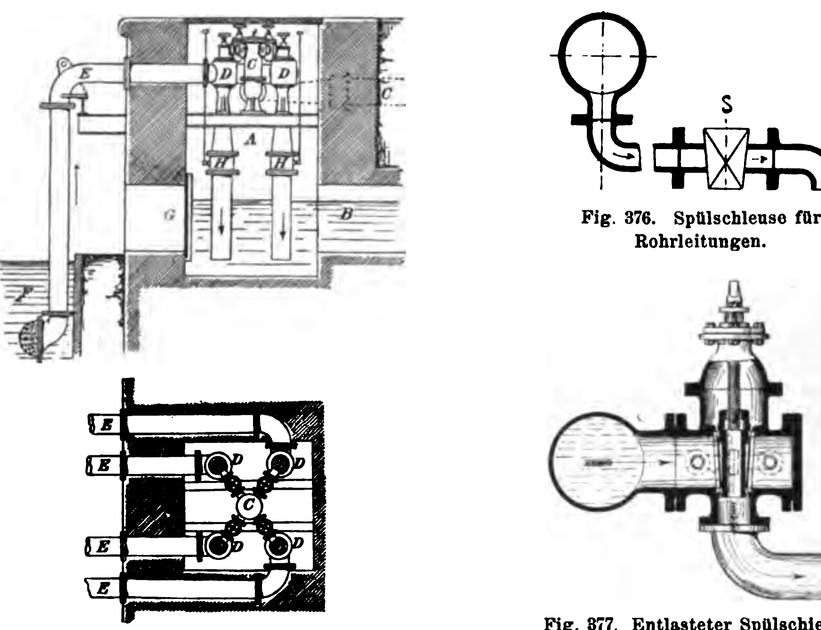


Fig. 375. Einrichtungen zum Füllen und Entleeren von Kanälen.

Fig. 376. Spülschleuse für Rohrleitungen.

Fig. 377. Entlasteter Spülschieber von Bopp & Reuther.

dann allerdings gezwungen, statt des Schiebers zunächst einen Krümmer an die Abzweigflansche zu setzen und den Schieber *S* erst dann folgen zu lassen, mit einer Verlängerung oder nochmaligem Krümmer, wie die Fig. 376 zeigt, um dem ausströmenden Wasser eine senkrecht nach abwärts führende Richtung zu geben. Bei seitlich am Rohr abzweigenden Spülöffnungen werden gröbere Unreinigkeiten, Kordelzöpfe, Steine, nicht zum Austritt gebracht, sie treiben auf dem Grunde des Rohres fort, bis sie in einem toten Ende liegen bleiben oder bei einem Endhydrant vor die Ventilöffnung gelangen.

Für kleinere Lichtweiten (unter 200 Millimeter) genügen auch Anordnungen von Spülschleusen nach Fig. 377, wobei der Absperrschieberkeil durch eine Umgangsleitung (punktiert gezeichnet) entlastet ist, da vor und hinter dem Keil der gleiche Druck herrscht. Die Lichtweite der Absperrschieber (Grundablaß- oder Spülschieber, Bauart Reuther) und des seitlichen Abzweiges am Hauptrohr kann dann erheblich größer als bei Fig. 376 genommen werden, so daß die Spülung des Hauptrohres wirksam genug wird.

Bei Teilkasten nach Fig. 206 (S. 130) wird die in den vorhergehenden Fig. 376 u. 377 wiedergegebene Spülschleuse seitwärts am tiefsten Punkt (Grundablaß) angebracht, die von außerhalb des Schachtes bedient werden kann. Es ist ratsam, die Spülschleusen womöglich von außerhalb des Schachtes zu bewegen, da bei deren Öffnung vom Schachtinnern aus der betreffende Mann Gefahren ausgesetzt ist, wenn das ausströmende Wasser nicht rasch genug abläuft.

Fig. 378 zeigt einen Schlammkasten mit Spülablaß im Schacht (Grundablaß). Diese Kasten werden an tiefen Punkten der Leitungen eingebaut, um Schlamm oder andere Ansammlungen von Zeit zu Zeit abzulassen. Infolge des vergrößerten Querschnittes verringert sich in dem Kasten die Wassergeschwindigkeit und die im Wasser schwebenden Stoffe können sich hier am ehesten absetzen. Das zylindrische Gehäuse ist mit einem Deckel und Boden zum Aufschrauben versehen. Der Boden enthält das Ablaßventil *V*, das mittels der Schraubenspindel *s* durch das Handrad *h* geöffnet wird. Der Deckel trägt die Gewindemutter und die Stopfbüchse für die Spindel. Die beiden Stutzen *a* erweitern sich gegen das Gehäuse zu, um die Wassergeschwindigkeit allmählich zu verringern. Das Ablaßventil ist mit Lederdichtung oder Gummidichtung und unterer Flügelführung ausgerüstet. Die untere Spindelmutter ist im Ventil *V* gut zu verstiften, damit sie sich nicht löst.

Eine neuartige Konstruktion von Spülschleusen hat A. L. G. Dehne, Halle a. S. in seinem Ventil mit Sandfang D. R.-G.-M. 289 069 geschaffen, worauf wir verweisen.

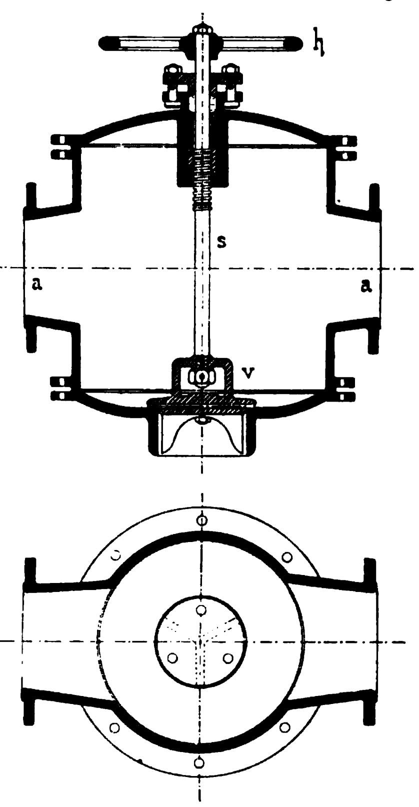
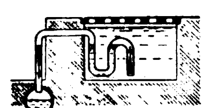


Fig. 378. Grundablaß an einem Schlammkasten.

Eine im Wasserwerksbetrieb in Pumpstationen, Schieberkammern der Reservoire, Brunnenstuben u. dgl. öfters zu treffende Anwendung eines automatischen einfachen Hebers zeigt Fig. 379. Diese dient dazu, um Schwitzwasser von den Wänden oder sonstiges Schmutzwasser, das mit dem Nutzwasser in keine weitere Berührung gelangen soll, auf dem Boden des betreffenden Raumes in einem am tiefsten Punkte gelegenen mit Gefälle von allen Seiten her angelegten Senkschachte zu sammeln und durch den eingebauten Heber von $^1/_2$ bis 1 Zoll lichtweiten schmiedeisernen Rohren in eine tiefer liegende Abflußleitung oder in einen Kanal zu entleeren.

Der Heber beginnt seine Tätigkeit erst dann, wenn der Wasserspiegel im Senkschacht über dem Heberscheitel steht, und wirkt umso schneller, je tiefer seine Entleerungsmündung unter der Schachtsohle gelegen ist; der Eintrittsschenkel reicht im Schacht bis nahe auf die Sohle, so daß dieser nahezu leergesaugt wird. Hat sich der Schacht wieder gefüllt, so beginnt das Heberspiel von neuem. Die Kröpfung des eingetauchten Heberschenkels verhütet durch das darin zurückbleibende Wasser den Eintritt etwaiger Kanalgase in den zu entwässernden Raum. Diese Einrichtung wird „Siphon" genannt.


Fig. 379. Siphonentleerung von Senkschächten.

Deutsche Reichspatente und D. R.-G.-M.
über Leerläufe und Spülapparate.

Nr. 122 654. Spülvorrichtung für Rohrkanäle, Koch. — Nr. 124 223. Selbsttätig wirkendes Entleerungsventil für Wasserleitungen, Benckiser. — D. R.-G.-M. Nr. 289 069. Ventil mit Sandfang, A. L. G. Dehne.

§ 57. Hydranten.

Einen wichtigen Teil jeder öffentlichen Wasserversorgung bilden die für Feuerlöschzwecke und für Straßenreinigungszwecke zur Abgabe größerer Wassermengen nötigen Hydranten, deren wesentlichste Einrichtung aus einem Ventil besteht, das entweder in die Hauptleitungen direkt oder in besondere Abzweigleitungen eingebaut wird und mit einem Rohr versehen ist, welches das Leitungswasser über Terrain ausgießt. In manchen Ländern wird von der Regierung nur dann ein Beitrag zu den Kosten einer Wasserversorgung an die Gemeinden geleistet, wenn die wirksame Hilfe von Hydranten in Brandfällen nachweislich gesichert erscheint. Hierzu ist in erster Linie ein genügender Leitungsdruck innerhalb der bebauten Bezirke, in zweiter Linie eine genügend große Anzahl von Hydranten erforderlich.

Die erste Bedingung verlangt in manchen, besonders in kleinen Orten bedeutend größere Rohrdurchmesser, als sie für die Versorgung der Häuser mit Wasser für die gewöhnlichen Zwecke berechnet werden, namentlich wenn durch lange Zuleitungen bis an die Ortschaft der Druckverlust bei Entnahme größerer Wassermengen einen beträchtlichen Teil des verfügbaren Gefälles verbraucht. Ein Hydrant soll mindestens 6 Sekundenliter Wasser über ein Haus von 15 Meter Höhe schütten können. Dies ist etwa die Ergiebigkeit einer von 12 Mann betriebenen Feuerspritze, wobei je 6 Mann arbeiten und 6 Mann ausruhen, unter Verwendung eines Spritzenmundstückes von 20 Millimeter Lichtweite. Wird ein gleiches Mundstück bei einem Hydranten angesetzt und ist der Leitungsdruck konstant 2,5 Atmosphären, unmittelbar vor dem Ausgang des Mundstückes gemessen, so beträgt bei 0,85 Ausflußkoeffizient die pro Sekunde ausfließende Wassermenge rund 6 Liter. Die Sprunghöhe des Wasserstrahles wird hierbei ca. $^2/_3$ der verfügbaren Druckhöhe von 25 Meter = 16,5 Meter. Bei größerem Drucke und größerem Mundstück steigt sowohl die Auswurfmenge als auch die Sprunghöhe des Strahles, letztere in geringerem Maße (vgl. Abt. I, S. 120). Aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß der Leitungsdruck an allen Stellen mindestens 25 Meter Wassersäule betragen sollte, wenn wirksame Leistungen der Hydranten erreicht werden wollen.

Da bei Projektierung von Wasserversorgungen aus Sparsamkeitsgründen manchmal die Lichtweite der Rohre nur nach den Verbrauchsmengen für häusliche Zwecke angenommen wird, seien im nachstehenden die Folgen dieser Annahme des näheren beleuchtet. Für eine Gemeinde mit 50 Häusern und 600 Einwohnern sei bei einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 100 Liter pro Kopf und der 1,7fachen Menge für den Höchsttagesverbrauch die sekundlich zu liefernde Maximalwassermenge $Q = 0{,}6$ Liter. Diese erfordern bei $v = 0{,}3$ Meter Geschwindigkeit in den Röhren einen lichten Durchmesser von 50 Millimeter. Soll jedoch ein Hydrant für 6 Sekundenliter Lieferung mit dieser Rohrleitung gespeist werden, so erhöht sich die Wassergeschwindigkeit hierbei auf ca. 3 Meter pro Sekunde; unter diesen Umständen entsteht ein Gefällsverlust im Rohrstrang von mindestens 25 Zentimeter auf jeden laufenden Meter Rohrlänge, d. h. bei 100 Meter Zuleitungslänge wäre der Druckverlust genau 25 Meter, der Hydrant würde also, wenn die wirksame Druckhöhe 2,5 Atmosphären betrüge, am Ende dieser Leitung 6 Sekundenliter eben noch über Terrain ausgießen können; die Strahlhöhe wäre gleich Null. Daher muß die Rohrweite mindestens 80 Millimeter genommen werden, wobei der Gefällsverlust pro Meter Zuleitung 5 Zentimeter wird, der übrigens bei einer Rohrlänge von 500 Meter den ganzen Druck ebenfalls absorbieren würde, so daß die für den Hydranten nötigen 2,5 Atmosphären nur durch Höherlegung des Reservoirs um 25 Meter erreicht werden könnten; und dann würde der Ruhedruck an dem Hydranten 5 Atmosphären betragen.

In großen Städten erreicht der Druckverlust bei einem einzigen Hydranten selten ein so großes Maß, da hier von vornherein die Rohrweiten nicht unter 100 Millimeter angeordnet werden; jedoch tritt ein unzulässiger Druckverlust sofort auf, sobald mehrere Hydranten gleichzeitig benutzt werden, was bei den umfangreicheren Brandobjekten und bei der großen Höhe von Gebäuden von ganz besonderem Nachteil ist. Vier Hydrantauslässe von je 6 Sekundenliter verursachen z. B. in einem 100 Millimeter-Rohr auf den laufenden Meter Rohrlänge 13 Zentimeter Druckverlust; dies macht bei Straßenzügen, die mehrere hundert Meter lang sind, mehrere Atmosphären aus. Es wird also auch in solchen Fällen die Rohrlichtweite lieber größer zu bemessen sein, wenn nicht (vgl. S. 239) zwei Rohrnetze, von welchen das eine einen abnormal hohen Druck besitzt, bestehen.

Die zweite der oben gestellten Bedingungen (vgl. auch Abt. I, S. 824), um einen Brand wirksam zu bekämpfen, ist eine genügend große Anzahl von Hydranten. Man findet bei etwa 50 Meter Entfernung von Hydrant zu Hydrant, daß die Benutzung zweier Hydranten mit Schläuchen von 20 bis 30 Meter Länge am einfachsten wird. Größere Schlauchlängen können zwar durch Ankuppeln

beliebig hergestellt werden, allein einmal vermehren sie den Druckverlust wegen der rauhen Innenseite der Schläuche und den Wasserverlust wegen ihrer Undichtheit; sodann sind die Einzellängen von 20 bis 30 Meter an den Steigertürmen der Feuerwehren noch bequem und senkrecht behufs Trocknen aufzuhängen.

Es gibt zwei Hauptsysteme von Hydranten, die sich in der Zugänglichkeit und Bedienungsweise wesentlich unterscheiden; gemeinsam ist ihnen nur die Bedingung, daß das Abschlußventil in frostfreier Tiefe liegen muß. Das eine System bilden die Unterflurhydranten, die unter dem Boden liegen, und zu deren Benützung ein im Boden eingelassener Schachtdeckel geöffnet, ein den Wasserstrahl über Terrain leitendes Standrohr eingeführt und mittels Steckschlüssels das tiefliegende Hydrantventil aufgeschlossen werden muß. Standrohr und Steckschlüssel werden hierbei vom Depot an den Hydranten gebracht. Bei dem anderen System der Überflurhydranten liegt zwar das Hydrantventil auch im Boden, der Hydrant selbst ist aber über dem Boden für das Ankuppeln von Schläuchen und Öffnen des Ventils direkt zugänglich. Standrohr und Schlüssel sind in dem über dem Boden angebrachten Ständer fest angeordnet.

Der **Unterflurhydrant** stammt aus England, der Erfinder war Simpson; sein Hydrant (vgl. Fig. 393, S. 244) war direkt auf dem Hauptrohr aufgesetzt, das wegen des dortigen Seeklimas wenig tief im Boden lag. Zur Einführung des Standrohres und Steckschlüssels war über dem Hydranten ein eisernes Schutzrohr eingebaut, das mit einer Straßenkappe oben abgedeckt wurde. Sowohl dieser Hydrant als auch seine Nachbildungen verschiedener Art hatten den Nachteil, daß sie bei Schadhaftwerden ausgegraben werden mußten, wodurch Verkehrsstörungen eintraten. Man legte daher Schächte um den Hydranten an, die nach Entfernung des Schachtdeckels besteigbar waren; so entstand z. B. der in Württemberg gebräuchliche Unterflurhydrant (vgl. Fig. 380).

Der **Oberflurhydrant** wurde in Amerika erfunden und in Philadelphia erstmals angewendet, um die Dampffeuerspritzen mit Wasser zu versorgen. Er bestand aus einer weiten über Tag tretenden Standröhre, die auf der Standrohrumhüllung aufgeschraubt war. Das Ventil öffnete sich nach unten und konnte bei Schadhaftwerden samt dem Standrohr ausgehoben werden (vgl. Fig. 387). Die neueren Konstruktionen haben diesem Umstand Rechnung getragen, nur ist ihnen allen gemeinsam die Gefahr des Einfrierens geblieben, wenn aus irgend einem Grunde das Wasser im Standrohr stehen bleibt. Es kommt zwar das Einfrieren auch bei Unterflurhydranten vor, wenn diese in nicht frostfreier Tiefe liegen, jedoch erstrecken sich die Beschädigungen nur auf das Ventilgehäuse, während bei den Überflurhydranten das in der Erde steckende Rohr mit dem oft kostspieligen Außenständer zerstört wird.

Das schwere Auffinden der Schachtdeckel in der Nacht und bei Schnee, die zugefrorenen Deckel, die mühsame Bedienung mit Schachtschlüssel und Standröhre, die Wasserverluste bei schlecht aufgeschraubter Standröhre, wie sie besonders beim Begießen der Straßen durch wenig geübte Mannschaft verursacht werden, sind bekannte Übelstände des Unterflurhydranten. Trotzdem sind $^9/_{10}$ aller Hydranten Unterflurhydranten; hiervon in Schächten nur die in Württemberg.

Die Gefahr des Einfrierens, die Störung des Verkehrs durch ihre oft massigen Standsäulen und das Umgefahrenwerden bleiben zwar dem Überflurhydrant als unliebsame Eigenschaften ebenfalls anhaften; man hat jedoch in einer ansehnlichen Zahl von Konstruktionen die eine oder andere in mehr oder weniger einwandfreier Weise zu beseitigen gesucht und es gibt die folgende Beschreibung der einzelnen Arten einen Einblick, inwieweit die Lösungen gelungen sind.

Für große Städte und leichter in solchen, wo die Verwaltung von Gas- und Wasserversorgung in einer Hand vereinigt liegt, wird sich möglicherweise der von Cramer [19] schon 1882 gezeigte Typ Eingang verschaffen, welcher Kombinationen von Gaslaterne mit Überflurhydrant und laufenden Brunnen, oder Überflurhydrant mit Ventilbrunnen gestattet. Selbst bei Anlage eines Schachtes würden die Kosten dann, weil geteilt getragen, weniger empfindlich sein. Bis jetzt findet man aber die Anordnung selten. Bei der zunehmenden Einführung des elektrischen Stromes läßt sich die Hydrantanlage mit einer der Feuerwehr zugänglichen Entnahmestelle für Starkstrom kombinieren, die ihre elektrisch betriebenen Spritzen am Hydrantort aufstellen und wozu der Hydrant dann nicht mehr Hochdruck- sondern Niederdruckwasser liefern kann. (Vgl. Engineering 1892, S. 65.)

Die bei uns im Gebrauch stehenden Hydranten kann man in 7 Gruppen einteilen:

A. Unterflurhydranten.

1. Unterbringung in Schächten, Verschluß mit Ventil oder Düsen (Wasserstrahlhydrant).
2. Verschluß von unten gegen das Steigrohr.
3. Verschluß von oben gegen das Steigrohr.
4. Konstruktionen, welche Aufgraben bei Reparatur bedingen.
5. Konstruktionen mit selbsttätiger Entleerung.
6. Konstruktionen, bei welchen sich das Steigrohr nicht selbst entleert, sondern von Hand entleert werden muß.
7. Konstruktionen, welche in der Zwischenstellung kein Wasser durch die Entleerungsöffnung entweichen lassen.

B. Überflurhydranten, mit den unter 2. bis 7. genannten Merkmalen, Verschluß mit Ventil oder Schieber (Schieberhydrant). Die Konstruktionen 2, 3, 4, 5 u. 7 besitzen Selbstentleerung des Steigrohrs nach Schluß des Hydrantventils.

In der angeführten Reihenfolge werden nun einige der bekanntesten Hydranten besprochen werden; manche derselben gehören zu mehreren der angenommenen Gruppen, worauf jedesmal verwiesen wird. Im Anschlusse folgen dann:

C. Standröhren und Strahlröhren, endlich

D. Verhalten der Hydranten im Gebrauch, Versuche über Wurfweiten u. dgl.

Hydranten mit selbstschließenden Ventilen sind in England verbreitet, haben aber bei uns wegen Wasserverlust und Frostgefahr keine Anwendung gefunden; sie sind nicht empfehlenswert und werden hier übergangen.

A. Unterflurhydranten.

1. Unterbringung in Schächten, Verschluß mit Ventil oder Düsen (Wasserstrahlhydrant).

Dieses ist die beste aber teuerste Anordnung, der Hydrant läßt sich jederzeit ohne Mühe auf seine Dichtheit kontrollieren, Reparaturen sind bequem auszuführen. Im Grundwasser ist dagegen eine Schachtanlage nicht zu empfehlen.

Der unter dem Namen „Stuttgarter" oder „Württemberger Hydrant" bekannte Unterflurhydrant ist mit seiner charakteristischen Schachtanlage in Fig. 380 gezeichnet. Der Hydrant selbst ist der alte englische von Simpson (vgl. Fig. 393, S. 244). Die Schachtanlage wird, wenn sie im Straßenkörper selbst eingebaut ist, symmetrisch ausgeführt, so daß Hydrantmitte, Schachtmitte und Schachtkastenmitte zusammenfallen. Dies ist jedoch nur in Feldwegen noch der Fall, im allgemeinen werden die Schächte unter dem Trottoir angelegt mit nahe an den Randstein gerücktem Schachtkasten, um die Passage freier zu lassen. Sie dienen nicht allein für den Hydranten, sondern auch zur Unterbringung der Abzweigleitungen mit Schiebern für die benachbarten Hauseinläufe, wie Schnitt *CD* und der Grundriß zeigt. Die Sohle des Schachtes ist in Beton, das Schachtgemäuer in Backstein, die Abdeckung in neuester Zeit durch rings innen überkragendes Mauerwerk statt in Werksteinen ausgeführt, der Schachtkasten hat dementsprechend eine nach unten erweiterte Zarge mit Rahmen und Fuß erhalten. Die Kosten betragen für den Schacht ca. 90 Mark, für den Hydranten extra ca. 25 Mark.

Der Hydrant sitzt auf einem die Abzweigung von der Hauptleitung beschließenden Hydrantstück mit zwei Abgängen von je 40 Millimeter Lichtweite und einer hinteren Verschlußflansche, welche zur Sicherung gegen den hier auf Auseinanderziehen der Muffendichtungen wirkenden einseitigen Wasserdruck satt hintermauert wird, siehe Pfeiler *P* im Schnitt *A B*. Zum Schutz gegen Frost ist unter dem Schachtkasten ein aus drei eichenen Holzstücken gebildeter Zwischenboden *L* eingelegt, der im Sommer entfernt wird, im Winter jedoch mit Stroh dick belegt ist, um die etwas gefährdet liegende, sich in die Höhe bauende Hydrantöffnung vor dem Einfrieren möglichst zu schützen. Im Schachtkasten befindet sich noch ein sogenannter Hydrantsteg, ein aus der Figur nicht ersichtlicher schmiedeiserner Quersteg mit einer Rohrschelle, die das Standrohr umschließt,

wenn solches zum Gebrauch eingeführt wurde, und die es vor der Reaktion des Wasserstrahles, als auch beim Handhaben der Schläuche vor Verbiegungen schützt.

Aus der Nebenfigur ist in zwei Schnitten und zwei Grundrissen die Konstruktion der Verschlußvorrichtung des Hydranten deutlich zu ersehen (vgl. deren Beschreibung bei Fig. 393, S. 244); die Lichtweite ist 56 Millimeter unmittelbar im Ventilsitz gemessen, der um einige Millimeter bei der Bearbeitung der Sitzfläche ausgebohrt wird; die Stutzenweite selbst ist 50 Millimeter.

In dem Stuttgarter Stadtrohrnetz mit Drücken von 2,5 bis 8 Atmosphären hat man mit dieser Lichtweite im allgemeinen befriedigende Ergebnisse erzielt; nur ereignet sich manchmal bei Drücken über 6 Atmosphären und bei der Handhabung durch Fuhrleute beim Füllen der Straßengießwagen, wobei in der Regel erst durch Überlaufen des Fasses dem Mann das Zeichen zum Schließen des Hydranten gegeben wird, daß der Schluß sehr schnell erfolgt und Rohrbrüche dadurch veranlaßt werden. Um eine für Straßengießzwecke genügende Wassermenge dem Hydranten zu entnehmen, genügt bei der üblichen Ganghöhe der Ventilspindel von 6 Millimeter und bei dem Druck von 6 Atmosphären unter dem Ventil eine halbe Umdrehung des Hydrantschlüssels; sie bewirkt aber bei der Schnelligkeit, mit der sie in der Regel angesichts des überlaufenden Fasses erfolgt, einen fast augenblicklichen Schluß des Ventils und demgemäß einen nicht unerheblichen Stoß in der Leitung.

Fig. 380. Stuttgarter Unterflurhydrant mit Schachtanlage. M = 1 : 50.

Dies war die Veranlassung, um bei den Stuttgarter Höhenleitungen, die an tiefen Punkten der Bergabhänge oft Drücke bis 12 Atmosphären aufweisen, Hydranten mit verengter Sitzöffnung, sogenannte **Hochdruckhydranten**, einzuführen, welche mittels in die gewöhnliche 56 Millimeteröffnung eingesetzter Metallbüchsen von 25 Millimeter lichter Weite eine normale Wassermenge von 7 Sekundenlitern zum Ausfluß bringen, wobei dann mit der Ventilspindel mehr Umdrehungen, je nach der Höhenlage des Hydranten, gemacht werden. Da ferner der Wasserstoß bei tellerförmigen Hydrantventilen erst unmittelbar durch die letzte Umdrehung des Hydrantschlüssels erfolgt, wurde unter die Tellerfläche ein konischer Zapfen eingeschraubt, der die Ventilsitzöffnung beim Abwärts-

schrauben der Ventilspindel allmählich verengt. In Fig. 381 ist diese Anordnung ersichtlich gemacht. Es wurde nach den manometrischen Beobachtungen der folgenden Tabelle festgestellt,

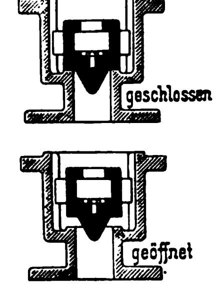


Fig. 381. Stuttgarter Hochdruckhydrant.

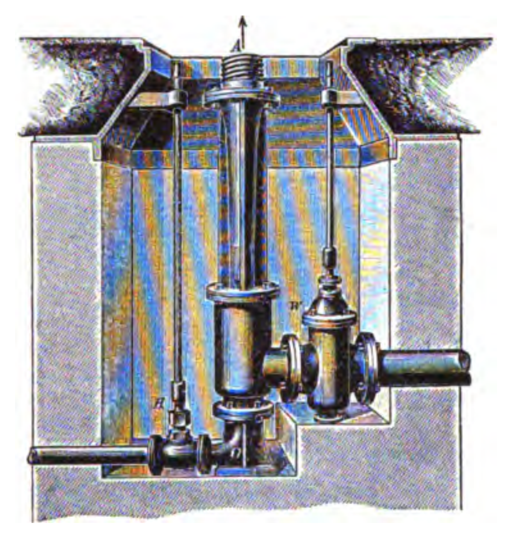


Fig. 382. Wasserstrahlhydrant von Körting im Freihafengebiet Hamburg und Bremen.

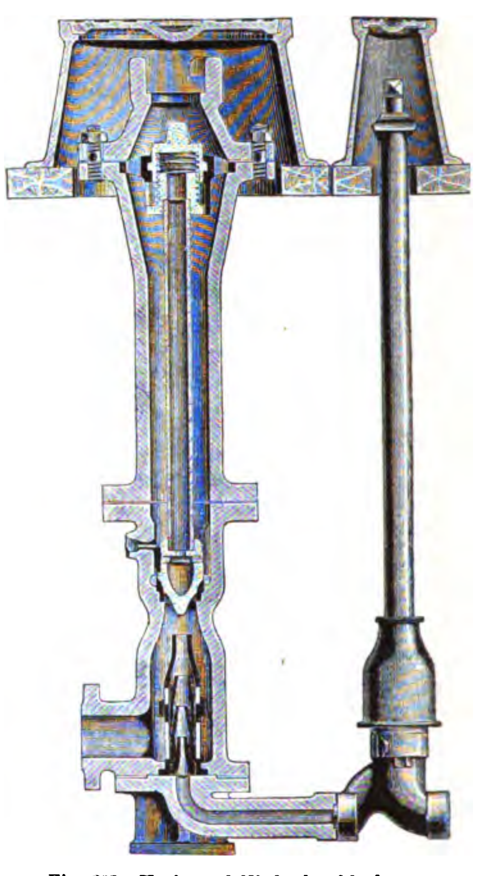


Fig. 383. Hoch- und Niederdruckhydrant von Breuer im Bahnhof Frankfurt a. M.

daß Ventile ohne diesen Zapfen bei normalem Schließen eine einmalige plötzliche Drucksteigerung von 11 Atmosphären auf 20 Atmosphären, mit dem Zapfen eine Druckzunahme um je 1 Atmosphäre bei jeder halben Schlüsselumdrehung, im ganzen 4 bis 5 Atmosphären bei fünf halben Umdrehungen ergaben.

Art des Hydranten	Beobachteter Manometerdruck vor dem Ventil				Bemerkungen
	in der Ruhe Atm.	beim Öffnen Atm.	beim Laufen Atm.	beim Schließen Atm.	
Hydrant 25 mm l. W. mit ebenem Ventil	11,3	6,0	10,0	17,5	Der Schließungsdruck erfolgt bei der letzten Umdrehung des Hydrantschlüssels stoßartig.
	11,3	6,0	10,0	20,0	
Hydrant 25 mm l. W. mit kegelförmigem Zapfen unter dem Ventil	11,3	8,0	9,0	15,5	Der Schließungsdruck stellt sich erst allmählich ein, bei jeder halben Schlüsselumdrehung um ca. 1 Atm. mehr.
	11,3	8,0	9,5	16,0	

Die Erklärung des verschiedenen Verhaltens von Tellerventilen mit ebener Unterfläche und solchen mit konischer Zapfenverlängerung ist folgende.

Das ebene Ventil läßt bei seiner Erhebung von der Sitzfläche eine Wassermenge aus-

treten, welche nicht proportional mit der Erhebung wächst, da die in Rechnung stehende Hubhöhe h des Ventils in der Richtung der Ventilachse gemessen wird; die eigentliche Wasserstromdicke, senkrecht zur Stromrichtung gedacht, ist aber nicht identisch mit jener Hubhöhe, und zwar ist sie umso geringer, je weniger der Wasserstrom, der durch den Zylindermantel des Ventils fließt, von der ebenen Tellerfläche aus der ursprünglich axialen Richtung in die radiale Durchflußrichtung abgelenkt wird. Denkt man sich das Ventil nur um weniges gehoben, so wird der Wasserstrom nahezu radial, also senkrecht zur Ventilachse aus dem Ventilspalt austreten, demnach Ventilerhebung und Stromdicke übereinstimmen; wird hingegen dasselbe Ventil um ein Vielfaches seines Durchmessers von der Sitzfläche entfernt, so tritt der Strom in Form eines Ringes nahezu axial durch den Mantel, die Dicke des Stromes ist jedoch dabei stets kleiner als die Ventilerhebung. Zwischen diesen beiden Grenzfällen ist jeder Hubhöhe h des Ventils eine gewisse Ablenkung des Wasserstromes aus der axialen Richtung eigen, welche auf die Dicke des Stromes, bezw. auf den reinen Wasserquerschnitt Einfluß hat und in dem Ausflußkoeffizienten (η) zum Ausdruck kommt. Die Zuflußgeschwindigkeit mit $\sqrt{2\,gH}$ angenommen, wird daher die jeweilige Wassermenge Q das Produkt aus dieser und der durch den Ausflußkoeffizienten korrigierten Ventilmantelfläche sein, also $Q = \sqrt{2\,gH} \,.\, u \,.\, h \,.\, \eta$ unter u den Umfang des Mantels und H die konstant vorausgesetzte wirksame Druckhöhe in der Leitung verstanden.

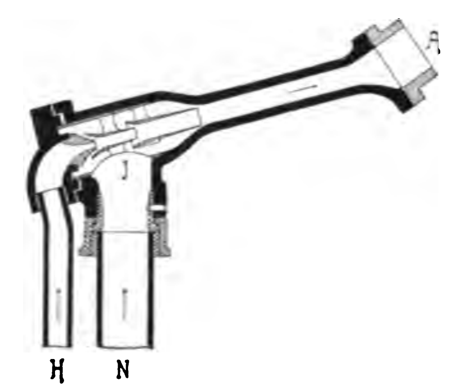
Bei dem mit konischem Unterzapfen versehenen Ventil wird dem Wasserstrom dagegen von vornherein eine bestimmte Ablenkung aus der axialen Richtung gegeben, welche mit wachsender Ventilerhebung sich nur wenig ändert. Es ändern sich demnach die Ausflußkoeffizienten bezw. die Ausflußmengen nicht in dem Maße wie bei dem ebenen Tellerventil, die Mengen folgen vielmehr der Hubhöhe und außerdem der durch den Kegelzapfen sich jeweils ändernden Ventillichtweite. Es läßt sich der Kegelzapfen so dimensionieren, daß der freie Ringquerschnitt, der für die Durchströmung des Wassers innerhalb des Ventilsitzes nach Abzug der Kegelfläche von der lichten Sitzfläche verbleibt, gleich wird dem für die etwa 0 bis 10 Millimeter betragende Hubhöhe berechneten Ventilmantelquerschnitt, also $\frac{\pi}{4}\,(d_l^2 - d_k^2) = u\,h$. Der Stuttgarter Hochdruckhydrantkegel wurde so bestimmt, daß er bei 6 Atmosphären einen freien Ringquerschnitt im Ventilsitz von 0,0213 Quadratdezimeter ergab, was mit $d_l = 25$ Millimeter, $d_k = 18{,}8$ Millimeter, $h = 9$ Millimeter entsprechend 1,5 Spindelumgang und $\eta = 0{,}3$ als Ausflußkoeffizient erreicht wurde, während bei 12 Atmosphären der Ringquerschnitt 0,0141 Quadratdezimeter mit $d_k = 21{,}1$ Millimeter und $h = 6$ Millimeter entsprechend 1,0 Spindelumgang benötigt, um beidemal ca. 7 Sekundenliter Wasser zum Ausfluß zu bringen. d_l ist der Durchmesser des lichten Ventilsitzes, d_k derjenige des Kegels. Diese Hochdruckhydranten werden, da sie äußerlich den gewöhnlichen ganz gleich sehen, zur Unterscheidung r o t angestrichen, letztere schwarz.

Wasserstrahlhydranten. In Städten mit getrennten Rohrnetzen für Hochdruck- und Niederdruckwasser werden bisweilen statt der Ventilhydranten mittels Wasserstrahls zu betreibende Hydranten in Schächten angewendet.

Fig. 382 zeigt den Einbau von Wasserstrahlhydranten von Körting in Hannover, wie sie für Hafen- und Speicheranlagen verwendet werden, da dort zum Betrieb der Hebekranen in der Regel Hochdruckwasserleitungen vorhanden sind. Die innere Einrichtung des senkrecht auf dem Fußkrümmer stehenden Strahlapparates beruht auf ähnlichem Düsensystem wie in Fig. 384 bis 386 näher gezeigt ist. Bei H tritt Hochdruckwasser, bei W das städtische Wasserleitungswasser ein, das Gemisch strömt bei A aus, von wo es mit Schläuchen wie bei den gewöhnlichen Hydranten zur Brandstelle geleitet wird. Die Figur stellt die Anordnung der Hydranten im Freihafengebiet in Hamburg und in Bremen dar. Der Umstand, daß bei diesen Hydranten zwei Schieber oder Ventile zu bewegen sind, fällt wohl nicht sehr ins Gewicht, da beide Schieberspindeln unter einem Schachtdeckel liegen, somit beide gleich gut zu finden sind. Um das Hochdruckwasser, das in der Regel auf 50 Atmosphären gespannt in den Leitungen steht, nicht zu vergeuden, ist es empfehlenswert, zuerst den Niederdruckschieber der Wasserleitung W und dann, nachdem also die Düsen mit Förderwasser versehen sind, erst das Hochdruckventil H zu öffnen. Diese Hydranten können infolge der Eigenschaft des Hochdruckstrahls, beim Austritt aus der ersten Düse durch die Reibung mitgerissene Luft zu entfernen, eine Luftverdünnung erzeugen, die sie befähigt, Wasser aus tiefer gelegenen Behältern, Seen, Flüssen etc. anzusaugen; es reduziert dies allerdings sowohl die gesamte Förderhöhe als auch die Menge des ausgeworfenen Wassers, kann aber bei der Verwendung als Zubringer für Dampffeuerspritzen schätzenswerte Dienste leisten.

H o c h d r u c k - und N i e d e r d r u c k h y d r a n t „S y s t e m B r e u e r". Das Düsensystem (Fig. 383) sitzt hier in dem T-Stück, das von unten den Hochdruckstrahl, von der Seite das Niederdruckwasser zugeführt erhält und das Gemisch nach oben austreten läßt. Die 40 Millimeter-Hochdruckleitung hat ein besonderes Absperrventil. Das Hydrantventil ist ein konischer Metallzapfen, der unten auf dem Sitz und beim Hochziehen seitlich auf der Entwässerungsöffnung ab-

dichtet. Das Düsensystem steht immer mit Wasser gefüllt. Das Spindelgewinde befindet sich in der Bajonettklaue unter dem Straßenkappendeckel. Nachdem zuerst das Hydrantventil mittels des in die Klaue eingebrachten Standrohres geöffnet worden, wird der Hochdruck mit besonderem Schlüssel aufgemacht. Die gezeichnete Einrichtung ist für die Feuerlöschhydranten des Hauptbahnhofes zu Frankfurt a. M. mit 50 Atmosphären Hochdruckwasserzuleitung von der Firma H. Breuer & Cie. in Höchst a. M. ausgeführt worden.



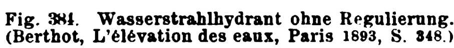


Fig. 384. Wasserstrahlhydrant ohne Regulierung. (Berthot, L'élévation des eaux, Paris 1893, S. 348.)

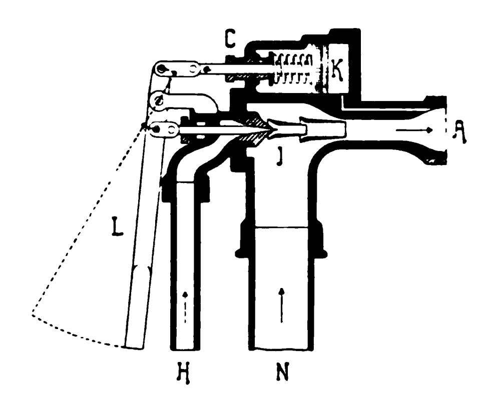


Fig. 385. Wasserstrahlhydrant mit Katarakt-regulierung. (Berthot S. 347.)

In Fig. 384 ist eine englische Anordnung zur Speisung von Wasserstrahlhydranten mit Hochdruck- und Niederdruckwasser gezeichnet. Bei *H* tritt Hochdruck ein, der Wasserstrahl reißt in dem Düsensystem *J* die umgebende Luft und etwa schon vorhandenes Wasser mit niederem Druck, das durch das Rohr *N* eingetreten, mit, und das Gemisch tritt bei *A* aus, wo das Strahlrohr befestigt werden kann. Es wird auf diese Weise mit wenig Hochdruckwasser ein kräftiger Strahl erzeugt, der vom Niederdruckwasser allein nicht auf die hierdurch erreichbare Höhe getrieben werden könnte. Die Einrichtung wird in den London-Docks benützt.

Fig. 385 zeigt eine mittels Handhebel regulierbare Zuführung des Hochdruckwassers, der Niederdruck strömt wie vorhin bei *N* ein. An dem zweiarmigen Hebel *L* hängt ein Ventilstift, der in die erste Düse nach Bedarf eingeschoben oder herausgezogen werden kann, je nachdem der Hebel dem Rohre *H* genähert wird oder umgekehrt. An dem zweiten Hebelarm hängt ein sogenannter Katarakt *C*, der mittels Kolben *K* aus der Strahlleitung Wasser durch einen feinen Kanal ansaugen und ebenso wieder ausstoßen muß, wenn er hin und her geschoben wird, auf diese Weise bremst und ein jähes Ab- und Anstellen des Hydranten ausschließt.

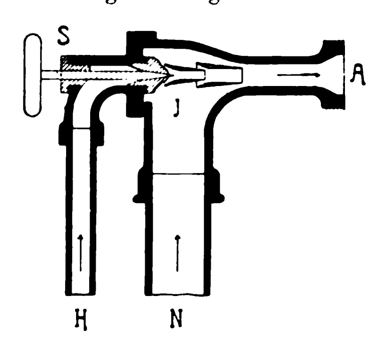


Fig. 386. Wasserstrahlhydrant mit Handregulierung. (Berthot S. 348.)

Fig. 386 zeigt die Regulierung mittels Schraubenspindel *S* und Handrad für Druckwasserspeisung. Die innere Einrichtung ist dieselbe wie in den beiden vorhergehenden Figuren. Bei *H* strömt Hochdruck-, bei *N* Niederdruckwasser ein, um in dem Düsensystem (Injekteur) *J* gemischt zu werden und bei *A* auszutreten.

2. Verschluß von unten gegen das Steigrohr.

Bei dieser Anordnung wirkt der Wasserdruck stets im Sinne des Ventilschlusses; bei Druckschwankungen wird nur das Ventil mehr oder weniger fest an die Sitzflächen gepreßt, das Ventilgestänge aber in keiner Weise in Mitleidenschaft gezogen. Das Ventil rinnt daher nicht. Beim Öffnen ist ein dem Wasserdruck entsprechender Kraftaufwand auszuüben.

Vineys Fire-Hydrant. Die beiden senkrechten Schnitte in Fig. 387 zeigen einen amerikanischen Hydranten mit Klappenverschluß und Standrohrumhüllung *f*, welche gegen Frostgefahr schützen soll. Die linke Seite zeigt den Hydranten in geschlossenem Zustand; den wasserdichten Abschluß erzielt man durch einen in die Klappe eingepreßten Gummiring *g*, welcher durch den Leitungsdruck auf den mit Weißmetall *m* ausgefütterten Sitz gedrückt wird. Bei geschlossenem Hydranten wird durch die Entleerungsklappe *e* die Entleerung des Standrohres erzielt. Die

Öffnung des Hydranten wird durch die Zugstange *z*, welche in den Büchsen *b* geführt ist, bewirkt und durch Hebel oder Schraubenspindel betätigt. Um die Bewegung zu begrenzen, ist der Stellring *s* angebracht.

Die amerikanischen Hydranten sind durchweg Überflurhydranten mit Lichtweiten von 80 und 100 Millimeter, da sie in der Regel zum Speisen der Dampffeuerspritzen benutzt werden. Sie unterscheiden sich auch sonst prinzipiell von anderen Systemen, da ihre Ventile, so verschiedenartig die Detailkonstruktion auch sein mag, sämtlich nach unten öffnen. Ist nun hiermit der Hydrant für Reparaturen schwerer zugängig, so werden diese durch die Art der Öffnung weniger häufig erforderlich. In der Tat hat ein nach unten liegender Ventilsitz den Vorzug, daß auf seiner Dichtungsfläche keinerlei Unrat, Rostsplitter und andere Fremdkörper, die im Rohrnetz immer vorhanden sind, liegen bleiben können, daher auch nicht beim Schließen des Ventils mit Gewalt in die Belederung oder in die Metallsitzflächen eingepreßt werden, was, wie die Erfahrung zeigt, umso sicherer geschieht, je undichter die Schlußflächen schon sind. Der Viney-Hydrant läßt sich ohne Aufgraben herausnehmen, nachdem die oberen Flanschenschrauben gelöst sind. Gedichtet ist nur die untere, den Ventilsitz tragende Flansche.

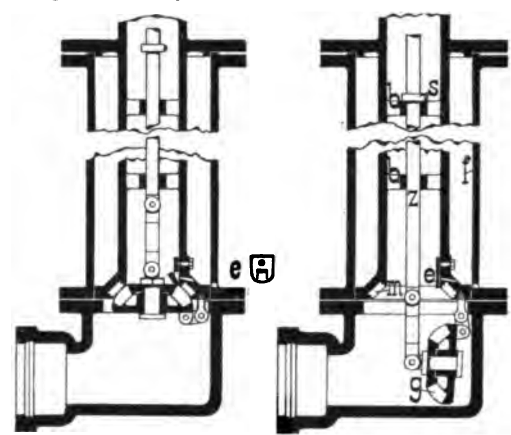


Fig. 387. Vineys Fire-Hydrant
geschlossen. geöffnet.
(Erster amerikanischer Überflurhydrant.)

Hydrant Pichler. Auf Grund der mit den bestehenden Systemen von Hydranten gemachten Erfahrungen wurde in den Neunzigerjahren ein neues System, das in Fig. 388 in geöffnetem, in Fig. 389 in geschlossenem Zustande gezeichnet ist, von Pichler erfunden und unter Nr. 84 211 im Deutschen Reich patentiert. Da mit der neuen Konstruktion alle die bekannten Mängel beseitigt werden wollten, entstand eine Reihe von wichtigen Änderungen, die im nachstehenden dem Wortlaute des Patentanspruches nach aufgezählt sind: „1. Ein Ventil für Wasserpfosten u. dgl., gekennzeichnet durch eine zuerst abschließende (metallische) harte Abdichtung, welche den ersten Wasserstoß aufnimmt, worauf der wasserdichte Abschluß sodann durch eine Membrandichtung erfolgt, die lippenartig geformt, durch den Wasserdruck selbst angedrückt wird. 2. Bei dem unter 1. gekennzeichneten Ventil eine Entleerung für das nach Schluß des Ventils über demselben ohne Druck stehende Wasser durch ein das Wasser aus dem Gehäuse abführendes zentrales Entleerungsrohr, welches bei dem geöffneten Ventil von dem Kopfe der Spindel geschlossen wird." —

In der Fig. 388 ist *1* die Ventilspindel, die in bekannter Weise mittels Gestänges von oben bewegt wird und beim Drehen in dem mit Muttergewinde versehenen Bügel *2* das Öffnen und Schließen des sich nach unten vom Sitz abhebenden Ventils *7* veranlaßt. Der Bügel *2* ist mit einem Gegenbügel *4* zusammengeschraubt und wird mittels der Ringschraube *3*, die mit besonderem Hakenschlüssel von oben her in dem Fußgewinde *5* eingeschraubt wird, in dem Hydrantfuß festgehalten und mit der weichen Gummidichtung *6* ringsum abgedichtet. Das Ventil *7* besteht aus drei Teilen, die zu einem Ganzen zusammengefügt sind: aus der oberen Ventilkrone, der Gummidichtung, und dem unteren Ventilteller, der zwei dichtende Metallflächen hat. Die eine äußere Ringfläche wird beim Hochziehen des Ventils gegen den Metallsitz von Bügelring *2* gepreßt und schließt metallisch dicht ab, die andere innenliegende Ringfläche bildet den Ventilsitz für den mittels Lederscheibe zum Ventil ausgebildeten unteren Spindelkopf *8*, der die vertieft liegende Entwässerungsvorrichtung verschließt. Diese ist aus einem Metallrohr *9* von 25 Millimeter lichter Weite hergestellt, das oben in den Ventilteller eingelötet ist und sich in einer dicht umschließenden Lederstulpe *10* führt. Die Lederstulpe liegt eingespannt in der untersten Ringnute des Gegenbügels *4* und wird durch Zuführung von Druckwasser in eine Aussparung hydraulisch an das Entwässerungsrohr *9* gepreßt.

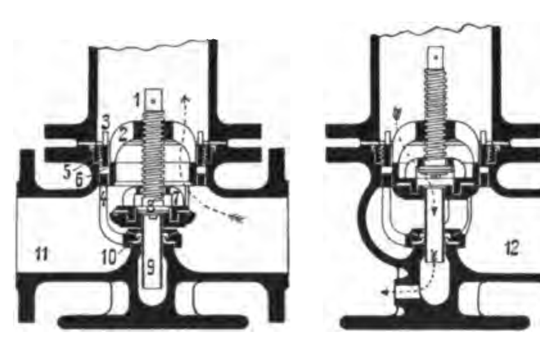


Fig. 388. Geöffneter Fig. 389. Geschlossener
Hydrant Patent Pichler.

Die Funktion dieser Bestandteile beim Öffnen des Hydranten geht in folgender Weise vor sich, wobei Fig. 389 mit geschlossenem Ventil zur Veranschaulichung dient. Die Ventilspindel *1* ist mit ihrem unteren Ventilkopf *8* hochgezogen und hält das Hydrantventil *7* noch dicht an dem Ventilsitz *2* fest. Wird sie herabgeschraubt, so folgt ihr das Tellerventil *7* nicht sofort, da dieses vom Wasserdruck von unten an dem Sitz *2* festgehalten wird. Die Entwässerungsöffnung *9* bleibt noch so lange offen, bis der niedergehende Ventilkopf *8* sie verschließt und bei weiterem Niedergang auch den Ventilteller *7* von seinem Sitz *2* nach unten losdrückt, das Ventil somit öffnet.

Beim Schließen des Hydranten, wobei Fig. 388 die Vorgänge zeigt, folgt das Tellerventil *7* der aufwärtsgehenden Schraubenspindel *1* sofort, da infolge größeren Spindeldurchmessers *1* die untere Tellerseite mit dem kleineren Entwässerungsrohr *9* dem Wasserdruck mehr wirksame Fläche bietet als die obere Seite. Das Ventil wird also beim Drehen der Spindel bis an seinen

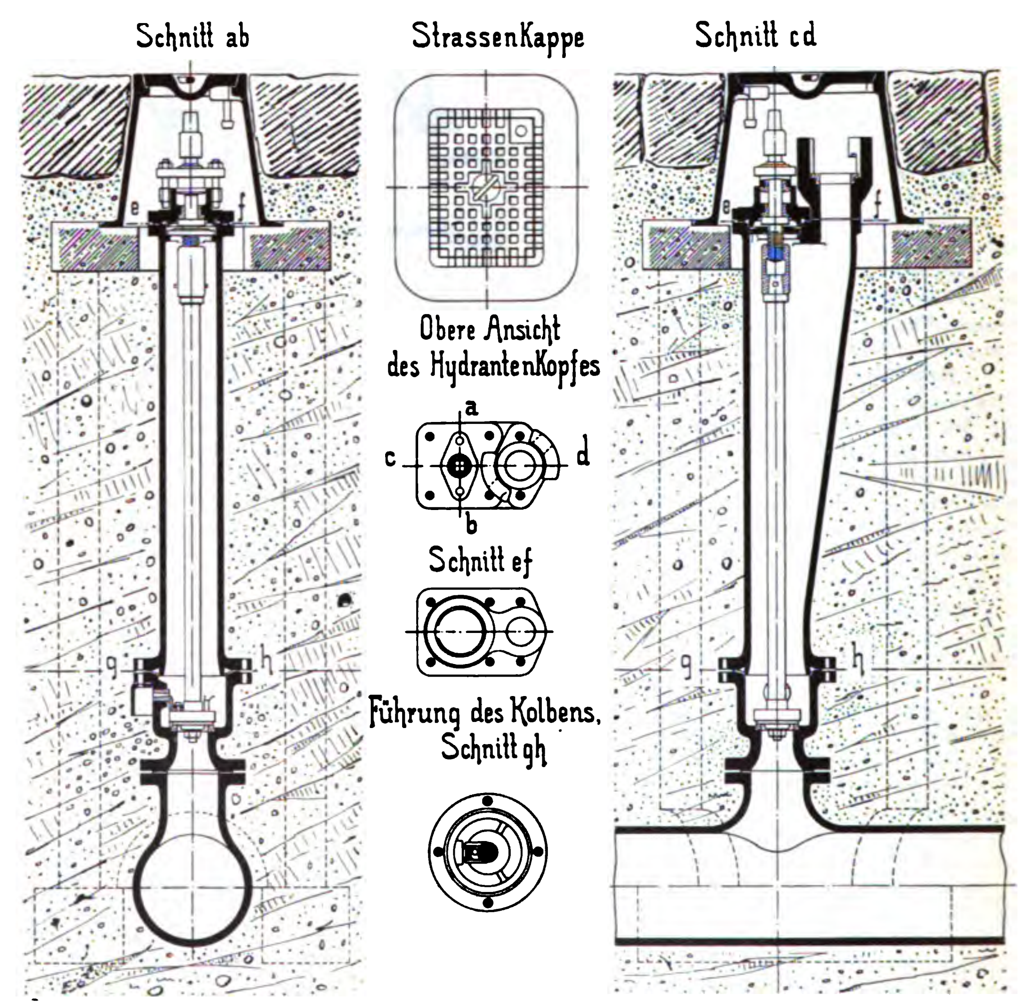


Fig. 390. Unterflurhydrant von Leipzig (Thiem). M = 1 : 10.

Sitz heraufgeschoben und vom Wasserdruck wird mittels der weichen Gummidichtung und dem Metallrand die Abdichtung eingeleitet. Beim Weiterdrehen der Spindel löst sich auch der Ventilkopf *8* von seinem im Tellerventil liegenden Sitz, bis er an der Ventilkrone *7* anlangt und das ganze Ventil fest auf den Hauptsitz gepreßt werden kann. Beim Lösen des Ventilkopfes *8* beginnt die Entleerung zu wirken. Will sie vermieden werden, was z. B. im Sommer oder bei häufigem Gebrauch des Hydranten der Fall sein kann, so hat der geübte Hydrantenwärter es in der Hand, bei Beginn des leichteren Ganges der leeren Spindel, welcher infolge mangelnden Nachschubes durch den Wasserdruck am Ventilschlüssel fühlbar wird, stillzuhalten. Wenn die Ventilsitzflächen nicht beschädigt sind, was bei den nach unten öffnenden Ventilen, wie bereits beim Viney-Hydranten bemerkt, seltener eintritt als bei den nach oben öffnenden, genügt der Wasserdruck,

um sowohl die Metallflächen, als die durch eingespanntes Wasser angepreßte weiche Liderung dicht zu halten. Reparaturen an diesem Hydranten können ohne Aufgraben vorgenommen werden.

Der Hydrantfuß *11* dient zum Einbau in den laufenden Strang der Hauptleitung, während der Fuß *12* am Ende einer Hydrantleitung verwendet wird. Beide Male ist hiermit erreicht, daß die Gefahr des Einfrierens bei dem Hydranten nicht größer wird als beim Hauptrohr selbst.

3. Verschluß von oben gegen das Steigrohr.

Bei dieser Anordnung wird das Ventil entgegen dem Wasserdruck auf den Ventilsitz gepreßt und es bleiben im geschlossenen Zustande infolge der Druckschwankungen wechselnde Beanspruchungen des Ventilgestänges bestehen, welche ein seitliches Ausbiegen und damit eine Verkürzung desselben hervorrufen, infolgedessen diese Hydranten ständig rinnen. Nur durch eine elastische Ventildichtung (Belederung, Gummi) kann dieser Eigentümlichkeit teilweise entgegengewirkt werden.

Die komplette Anlage eines Unterflurhydranten zeigt Fig. 390. Aus dem Schnitt *a b* ist das Hydrantventil ersichtlich, das auf dem senkrechten Stutzen des Hauptrohrs aufgesetzt ist; über der Flansche *g h* des Ventilgehäuses beginnt das Hydrantrohr, dessen obere Öffnung mit dem Stopfbüchsendeckel *e f* abgedeckt wird. Dieser Deckel hat neben der Öffnung für die Ventilspindel eine mit Klauenverschluß versehene aus Schnitt *c d* ersichtliche Öffnung für das von oben einzuführende Standrohr mit den Schlauchabzweigungen. Aus den beiden Schnitten und den vier Detailgrundrissen sind alle Einzelheiten des Hydranten samt Gestänge, Spindelgewinde mit Mutter, Straßenkappe und besonders aus Schnitt *a b* und Grundrißschnitt *g h* die Entwässerung des Hydrantrohrs zu sehen. Bei geöffnetem Ventil ist die seitliche kleine Öffnung verschlossen, sie öffnet sich aber schon bevor das Ventil auf den Sitz gelangt ist. Dieser Hydrant braucht nur bei der Flansche *e f* abmontiert zu werden, um ihn bei Reparaturen herausziehen zu können. Das Hydrantrohr bleibt im Boden. Außerhalb der Entwässerungsöffnung ist ein Spritzblech angebracht, das das ausströmende Wasser senkrecht nach unten leitet, um Lockerungen des Bodens zu verhüten.

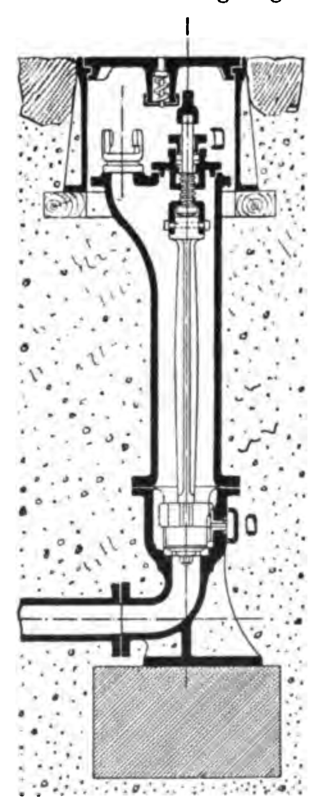



Fig. 391. Endhydrant von Innsbruck u. Freiburg (Lueger).

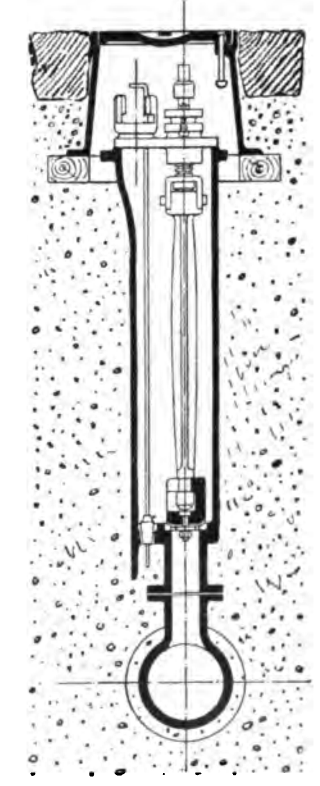


Fig. 392. Hydrant auf der Hauptleitung (Wiesbaden).

In Fig. 390 ist eine punktierte Ummantelung ersichtlich, welche angewendet wird, wenn das Einfrieren des Hydrantrohres zu befürchten steht. Auf einem das Hauptrohr beiderseits umgebenden Fundament wird ein betoniertes Schutzrohr aufgeführt, dessen obere Bedeckung der für die Straßenkappe nötige Quader luft- und wasserdicht abschließt. Die vom Hauptrohr aus frostfreier Tiefe in den Mantelhohlraum aufsteigende wärmere Grundluft gibt eine wirksame Isolierung für das etwa voll Wasser stehende Steigrohr des Hydranten.

Ein dem vorigen gleichartiger Unterflurhydrant ist in Fig. 391 u. 392 dargestellt. Er unterscheidet sich von jenem nur durch die hier in Gußeisen ausgeführte Ventilstange (wegen der erwähnten Biegungsbeanspruchungen bei wechselndem Druck) und die Anordnung der Gewindemutter im Steigrohrdeckel *D*.

Statt der seitlichen selbsttätigen Entwässerung in Fig. 391 bei *O*, die durch den hochgehenden Ventilkegel verschlossen wird, kann der Normalhydrant auch einen von Hand zu bewirkenden

Wasserauslaß am Boden des Steigrohrs erhalten, siehe Fig. 392, welcher nach Schluß des Hydranten mit einem konischen Metallzapfen, der an einem Stängchen durch die Klauenöffnung eingeführt wird, geöffnet werden kann. Vor Aufsetzen des Standrohrs muß dann der Zapfen wieder in die Bodenöffnung eingesteckt werden, da andernfalls der Handgriff des Zapfenstängchens das Einbringen des Standrohrs nicht gestattet. In die lichte Rohrweite des Standrohrs kann der Handgriff ungehindert eingebracht werden. Die Fig. 391 zeigt die Ausführung mit Hydrantfuß am Ende einer von der Hauptleitung abzweigenden Hydrantleitung, wobei zu beachten ist, daß der Fuß durch Befestigung am Quader gegen Schub gut gesichert wird. Die Fig. 392 zeigt den Hydranten auf der Hauptleitung direkt aufgesetzt. Wegen der Bodenauswaschungen durch die Entwässerung ist das Hauptrohr unter dem Hydranten gut zu untermauern.

Auch diese beiden Hydranten können ohne Aufgraben repariert werden, indem das Ventil samt Gestänge nach Abnehmen des oberen Verschlußdeckels herausgezogen werden kann.

4. Konstruktionen, welche Aufgraben bei Reparatur bedingen.

Derartige Hydranten findet man nur noch ausnahmsweise; es gehört dazu der Hydrant von Simpson und der unten beschriebene Karlsruher Hydrant. Wir können nur davor warnen, solche Konstruktionen einzuführen; die in Fig. 393 u. 394 dargestellten sollen ausnahmsweise — weil bereits darauf verwiesen ist bezw. verwiesen werden wird — in folgendem beschrieben werden.

Englischer Hydrant mit Schutzrohr. Dieser in Fig. 393 gezeichnete Hydrant ist der von Simpson im Jahre 1840 erfundene älteste Unterflurhydrant, dessen Ventilanordnung wegen ihrer Einfachheit die weiteste Verbreitung gefunden hat und, wie oben bemerkt, heute noch in Württemberg angewendet wird.

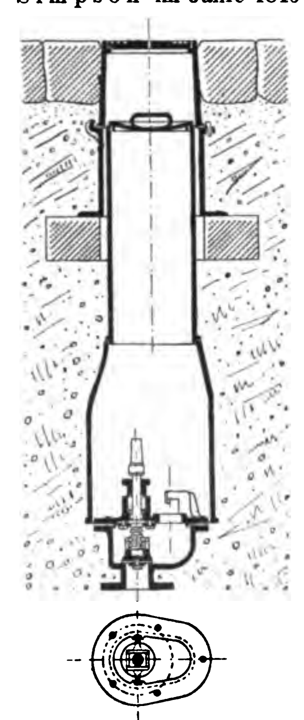
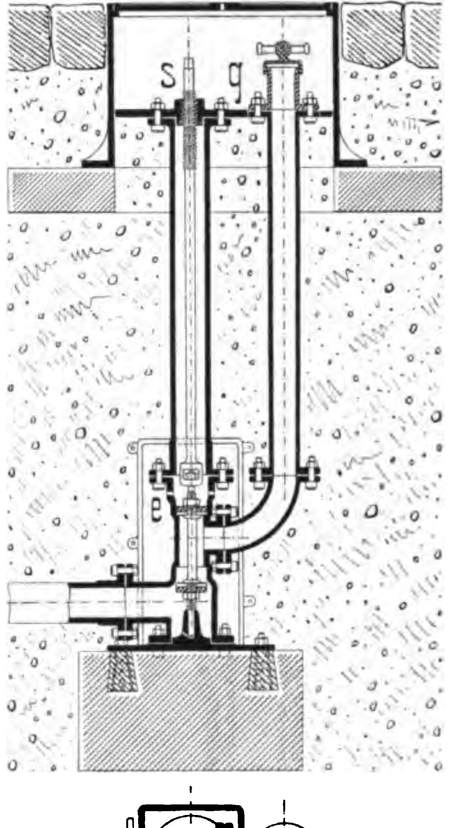


Fig. 393. Hydrant von Simpson. (Ältester englischer Hydrant.)

Das Schutzrohr ist so geräumig angelegt, daß sowohl Standrohr als Hydrantschlüssel durch die obere Öffnung eingebracht werden können. Die Straßenkappe besteht hier aus drei Teilen, und bezweckt, bei abgefahrenem oder sonstwie beschädigtem Oberteil nur dieses auswechseln zu dürfen, ohne die Untermauerung und das darauf stehende Unterteil angreifen zu müssen. Das Schutzrohr ist oben noch mit einem Deckel abgedeckt, um Straßenschmutz abzuhalten. Aus dem Schnitt des Ventilkörpers ist zu ersehen, daß die Gewindemutter im Ventilkegel liegt, und im Grundriß ist gezeigt, daß die rechteckige Mutter im Kegel sich nicht drehen kann, da auch dieser mit zwei seitlichen Zapfen in Führungsleisten des Gehäuses gegen Drehung gesichert ist. Die Drehung wird aus dem Grunde vermieden, um einem Verschleiß der Ventilbelederung vorzubeugen, anderseits bedingt die steigende Gewindemutter eine nur sich drehende Ventilspindel, daher diese mit einem Bund versehen unter der Deckelstopfbüchse drehbar, aber nicht axial verschiebbar gelagert ist. Die Drehrichtung ist, wie bei dem früher ausschließlich üblichen Rechtsgewinde sich ergeben mußte, für das Öffnen des Ventils im Sinne des Uhrzeigers. Obwohl die Vielen unbekannte Drehrichtung manchen Spindelbruch verschuldet hat, ist sie bei Hydranten doch nicht von so einschneidender Bedeutung wie bei Schiebern, da, wenn am Schlüssel zufällig richtig für „Öffnen" gedreht wird, der Hydrant sofort Wasser auswirft, andernfalls eben nicht, während bei Schiebern oft nach anhaltendem Drehen, wenn die Spindel schon längst abgebrochen ist, der Defekt erst bemerkt wird. Aus der Figur geht hervor, daß der Hydrant bei vorkommender Reparatur aus der Erde gegraben werden muß; der Ventilverschluß von oben gegen das Steigrohr verweist den Simpson-Hydranten in Gruppe 3, die Entwässerung vollzieht sich langsam von selbst, da das Schutzrohr auf dem Hydranten nicht dicht aufsitzt.

Karlsruher Hydrant. Ein Unterflurhydrant älterer Bauart ist der in Fig. 394 gezeichnete. Er ist mit einem Doppelventil ausgestattet, welches einmal den Wasserweg durch das untere Ventil nach dem Steigrohr freigibt, wie in der Figur dargestellt wurde, das andere Mal bei hochgeschraubter Ventilspindel *s* den Wasserzufluß unten absperrt; da beide Ventile in ihren Röhren dicht gehen, wird erst nach erfolgtem Abschluß die Entleerung des Steigrohrs durch das obere Ventil und durch die Öffnungen im Schutzrohr bei *e* ermöglicht. Um den Ventilkörper herum ist zum Schutze gegen Lockerungen des Erdreichs durch die Entwässerung ein zweiteiliger

Kasten eingebaut, der das abgelassene Wasser auf die große Fundamentplatte leitet, wo es über den Quader hin nach allen Richtungen sich verlieren soll. Diese Anordnung war geboten, da es sich hier um nicht unbedeutende Wassermengen handelt, die aus dem Steigrohr nach Schluß des Hydranten in das Schutzrohr fließen und durch die Entleerungsöffnungen bei *e* entweichen. Das Steigrohr trägt am oberen Ende den Gewindestutzen *g* zum Anschrauben eines Standrohres oder eines Schlauches direkt, die Öffnung ist mit einer Kapsel verschlossen, um von der Straße einfallenden Schmutz vom Steigrohr abzuhalten, der die Ventile beschädigen würde. Die Grundplatte des Hydranten ist mit dem Fundamentquader durch Steinschrauben verbunden, um dem einseitigen Schub des Wassers Widerstand zu leisten. Bei Reparaturen des Doppelventils muß der Hydrant ausgegraben werden. Zufolge des von unten angebrachten Verschlusses des Steigrohres gehört der „Karlsruher“ Hydrant in Gruppe 2.



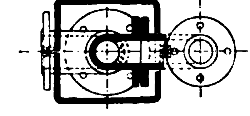


Fig. 394. Karlsruher Hydrant.

5. u. 6. Konstruktionen mit und ohne selbsttätige Entleerung.

In unserem Klima werden die in den Boden eingebauten Hydranten in der Regel mit selbsttätiger Entleerung des Steigrohrs versehen, um letzteres gegen Zerstörung durch Frost zu schützen. Alle diesbezüglichen Konstruktionen haben den Nachteil, daß bei undichtem Hydrantventil unbemerkbar ständige kleine Wasserverluste stattfinden, die sich bei großer Zahl der Hydranten zu bedeutenden Quantitäten addieren. Einige Konstruktionen (z. B. jene nach den Fig. 387, 390, 391, 403, 407) haben den weiteren Nachteil vorübergehender bedeutender Wasserverluste beim Öffnen und Schließen des Ventils; in der Zwischenstellung vor vollständiger Abdeckung der Entleerungsöffnungen tritt nämlich durch letztere Wasser unter Druck aus, das durch Auflockerung des Bodens etc. außerdem noch Schaden anrichten kann. Man hat deshalb dort, wo Wasservergeudung vermieden werden muß, auf Selbstentleerung verzichtet. In diesem Falle muß aber vor eintretendem Frost nach gemachtem Gebrauch des Hydranten das Steigrohr ausgepumpt werden; Undichtigkeiten am Hydrantventil lassen sich dann leicht erkennen und — bei sorgfältiger Bedienung — die Wasserverluste auf ein Minimum beschränken. Aus der überaus großen Zahl der hierher gehörigen Hydranten seien folgende angeführt:

Reuthers Patenthydrant. Bei diesem in Fig. 395 gezeigten Unterflurhydrant wird der Wasserzufluß durch ein beledertes Ringventil geregelt, das am unteren Ende eines gußeisernen Steigrohres sich befindet. Der ringförmige Ventilsitz liegt in dem Schutzrohr selbst (Gruppe 3). Die Mitte des Ventilsitzes wird durch eine durchbohrte Nabe gebildet, welche den Zweck hat, das im Steigrohr und Schutzrohr stehen gebliebene Wasser in einen seitlich außerhalb des Schutzrohrs führenden Kanal zu leiten, wo es an einem Spritzblech nach allen Seiten verteilt wird. Die Entwässerung geschieht nicht selbsttätig, sondern wird wie in der Figur punktiert angegeben, mittels Steckschlüssels durch Aufschrauben eines Ventilstiftes, der die Nabendurchbohrung verschließt, bewirkt. Vor Einführung des oberhalb gezeichneten Standrohres muß der Steckschlüssel entfernt werden; es hat dies den Vorteil, den Bedienenden auf den richtigen Stand der Entwässerung aufmerksam zu machen; diese muß vor Gebrauch des Hydranten geschlossen werden. Das

Standrohr wird, wie schon oben beschrieben, zwischen den Klauenverschluß eingebracht und nach einigen Umdrehungen mittels der beiden Handgriffe *u* fest auf den Ausgußsitz im Hydrantkopf geschraubt. Durch das hohle Messingrohr der Standröhre geht nun der oben mit besonderer Stopfbüchse abgedichtete eigentliche Hydrantschlüssel, dessen untere Mitnehmer in eine Metallmutter bezw. in deren innere Vorsprünge eingreifen und bei Drehung des Hydrantschlüssels an den Handgriffen *o* die Mutter mitdrehen. Diese Mutter hat doppeltes Gewinde: mit dem oberen Gewinde schraubt sie sich in dem Innengewinde des Hydrantkopfes, mit dem anderen auf dem Außengewinde des mittels seitlicher Lappen gerade geführten Steigrohrs. Letzteres Gewinde hat geringere Steigung als das obere Gewinde, daher folgt das Steigrohr der auf- oder abwärts geschraubten Doppelgewindemutter; beim Öffnen geht diese nach einer Umdrehung um ein Gewisses mehr in den Hydrantkopf hinauf als von dem Steigrohr, beim Schließen schraubt sie sich um dasselbe Maß mehr aus dem Hydrantkopf nach unten heraus, als sie sich auf das Steigrohr in derselben Richtung aufschraubt. Diese Anordnung war geboten, um dem Steigrohr zum Schutz der Ventilbelederung eine nicht drehende Bewegung zu erteilen. Reparaturen am Hydrantventil können ohne Aufgraben erfolgen, da nach Abnehmen des Hydrantkopfes sowohl dieser als das daran hängende Steigrohr mit Ventil durch die Straßenkappe emporgezogen werden kann.

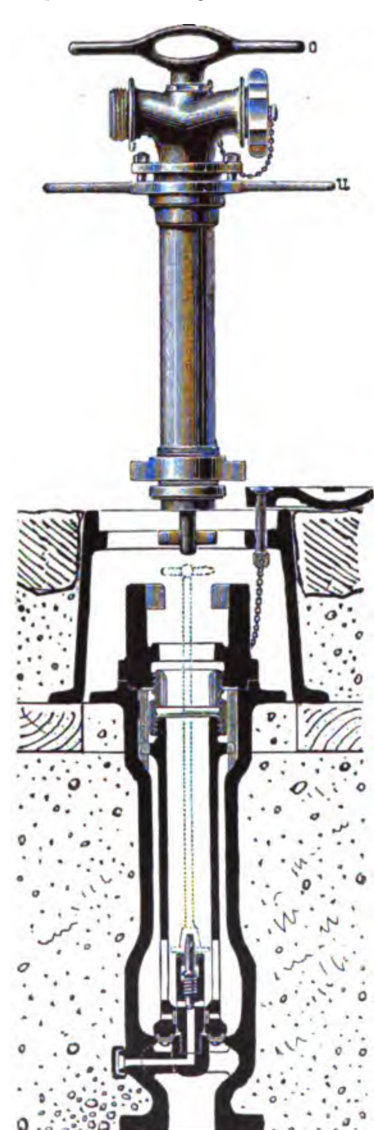


Fig. 395. Reuthers Patenthydrant.

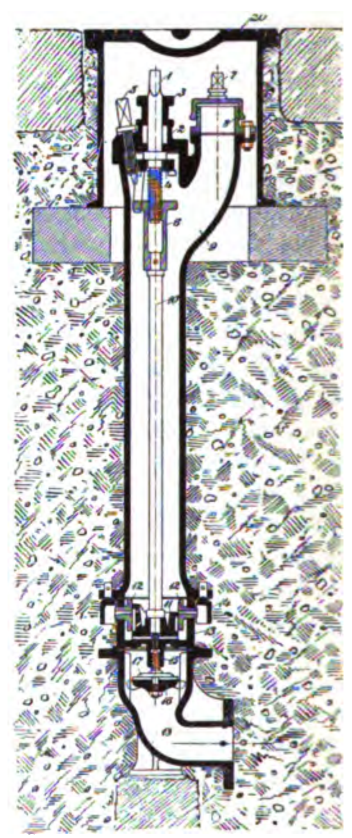


Fig. 396. v. Rollscher Hydrant, Unterflursystem.

v. Rollscher Hydrant. Der in Fig. 396 gezeigte Hydrant ist hier als Unterflurhydrant der Gruppe 4 mit Straßenkappe gezeichnet; er vereinigt in sich einen Hydranten mit Selbstentleerung und ein Absperrventil. Bei Drehung an Spindel *1*, die in Stopfbüchse *2*, *3* gedichtet ist, zieht die Schraube *4* die Spindelmutter *6* hoch, bis sie an Stellschraube *5* ansteht. Das Ventil *11* wird hierbei mittels Stange *10* emporgezogen und nach Abnehmen der Verschlußkapsel *7* an dem Schlauchgewinde *8* ist der Hydrant dienstfähig. Die seitlichen Entleerungsöffnungen *12* sind hierbei geschlossen. Bei weiterem Öffnen des Ventils *11* kann nach Herausdrehen der Stellschraube *5* auch das unterste Ventil *16* zum Anliegen an den Ventilsitz von unten gebracht und festgezogen werden. Nunmehr kann eine Revision des Hydranten erfolgen. Nach Herausdrehen der Stange *10* mit Ventil *11* aus dem Gewinde *15* und nach Herausnehmen aus dem Steigrohr *9* bleibt Ventil *16* durch den Wasserdruck geschlossen, sein Ventilgewindestift *17* ragt in das Gehäuse *13* hinein und kann nach Beendigung der Revision wieder mit dem unteren Ende der Ventilstange *10* durch Drehung verbunden werden. Nur bei Beschädigungen der beiden Ventilsitze im Gehäuse *13* muß der Hydrant ausgegraben werden. Durch seinen eigenartigen Doppelverschluß gehört dieser Hydrant zugleich in Gruppe 2 u. 3.

In Fig. 397 ist ein Hydrant der Gruppe 1 dargestellt, dessen innere Einrichtung in der vorhergehenden Fig. 396 beschrieben ist, während Fig. 397 zeigt, wie aus einem Unterflurhydranten, der in einem Schacht untergebracht war, durch Aufbauen des Steigrohrs und der Standsäule ein Überflurhydrant eingerichtet werden kann. Der Schacht ist in Beton erstellt gedacht. Die Lösung dieser Auf- gabe tritt an die Wasserversor- gungen heran, sobald durch Beschluß der Ge- meindevertretungen von dem einen zum anderen System übergegangen wer- den soll, ohne neue Hydranten zu beschaffen. Die Kosten belaufen sich alsdann nicht allzu hoch, da sie sich nur auf die Herstellung meist roher oder wenig bearbeiteter Gußteile erstrecken.

Hydrant ohne Selbstentleerung. Der in der linkseitigen Fig. 398 gezeich- nete Unterflurhydrant wird nur mittels eines dünnen Schlauches oder bieg- samen Röhrchens, die durch die Klauenöffnung eingeführt und mit einer kleinen Pumpe (Rohrprobierpumpe) oder mit einem Strahlapparat verbunden werden, leergesaugt. — Bei dem rechtseitigen Hydrant ist die Entwässerung mittels eines in der Straßenkappe befindlichen Hahngriffes und Gestänges, das von einem Schutzröhrchen umgeben bis hinunter zu einem Hähnchen führt, ermöglicht. Eine ähnliche Einrichtung zeigt der in Fig. 392, S. 243 dargestellte Hydrant. Der in Fig. 398 links gezeichneten Disposition ist der Vorzug zu geben, wenn man sich von dem dichten Schluß des Hydrantventils überzeugen will; bei Hahnen, Stöpseln etc. ist man nicht unbedingt sicher, ob dieselben auch dicht schließen, d. h. ob nicht bei undichtem Hydrantventil die Wasser seitlich versinken.

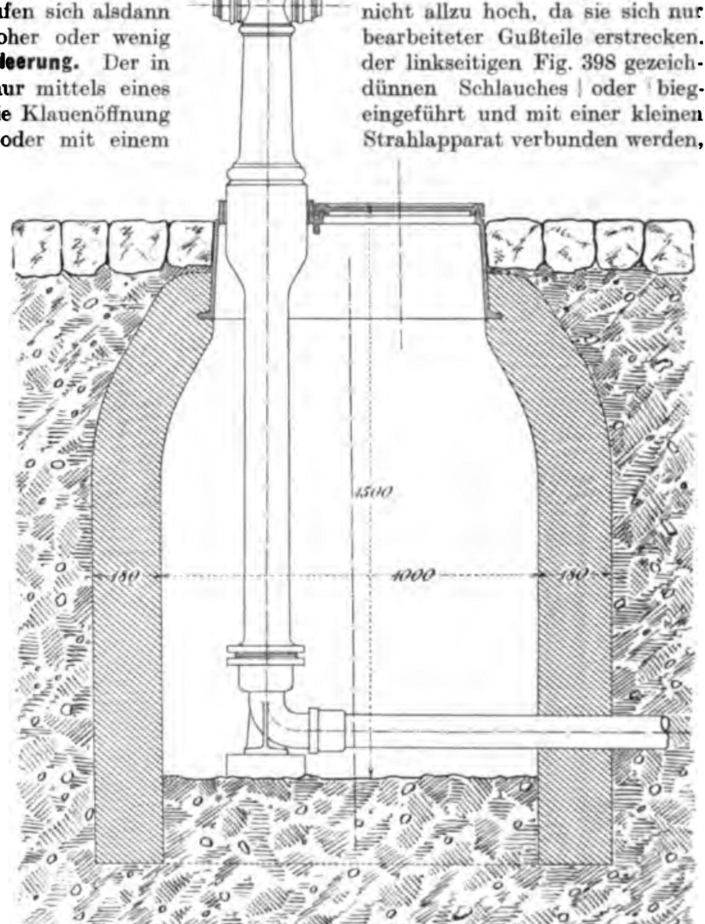


Fig. 397. v. Rollscher Schachthydrant, Überflursystem.

Reuthers Gartenhydrant. Die Fig. 399 zeigt im Schnitt die ganze Anlage eines Gartenhydranten mit zugehörigem Standrohr und Schlüssel. Beim Einführen des Standrohrs wird dieses an den unteren Handgriffen *u* gefaßt, und nachdem die Rohrmutter zwischen den Klauen eingebracht ist, so lange gedreht, bis sich die Mutter oben an den Klauenhaken festpreßt und damit der untere Rohrdichtungsring fest auf der Hydrantöffnung sitzt. Durch Drehen am oberen Handgriff *o* wird mittels des durch das Standrohr hindurchgehenden Schlüssels die kurze hohle Ventilspindel, die direkt am Hydrantventil befestigt ist, in dem Muttergewinde des Hydrantkopfes je nach der Drehrichtung auf oder zu geschraubt, der Hydrant damit geöffnet oder geschlossen. In dem Zweck einer Gartenhydrantanlage ist es begründet, daß alle Leitungen samt den Hydranten im Winter leer sein sollen.

Die Fig. 400 u. 401 zeigen Hydrantenköpfe für Gartenhydranten. Diese werden mittels Gasrohrgewindes oder Flansches in dem Straßenkasten auf dem Erdrohr des Hydranten dicht aufgesetzt und dienen zur Aufnahme des Standrohrs für den Spritzschlauch. Der an dem Deckel der Straßenkappe mit Kette angehängte Verschluß soll das Einfallen von Fremdkörpern in den Hydrantkopf verhindern.

Bei dem in Fig. 402 gezeigten Hydrantkopf ist das mit Handrad zu bewegende Ventil und der Schlauchabgang in einem Gehäuse vereinigt. Zum Spritzen bedarf es eines Standrohrs nicht, sondern der Gartenschlauch wird mit der Schlauchgewindemutter direkt auf den Gewindezapfen dicht aufgeschraubt. Bei Frostwetter muß das Innere des Hydranten durch den Schlauchabgang mittels Saugspritze entwässert werden, wenn nicht die Leitung an und für sich leer ist.

Hydrantköpfe für Feuerlöschzwecke im Innern der Gebäude werden nach Fig. 402 in der Regel direkt an die sogenannte „Feuerleitung“, welche durchgängig mindestens 50 Millimeter Lichtweite haben muß, angeschlossen. Die Schläuche sind dann in handlichen Längen aufgerollt neben dem Ventil meist unter Glas und Rahmen untergebracht, die Schlauchkupplung dicht angezogen, so daß der Hydrant im Bedarfsfall betriebsbereit ist. Um Mißbrauch zu verhüten, pflegt das Handrad mit einer dün-







Fig. 400. Fig. 401. Hydrantköpfe für Gartenhydranten.

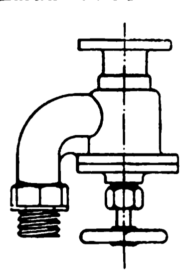


Fig. 402. Hydrantkopf für Feuerlöschzwecke.

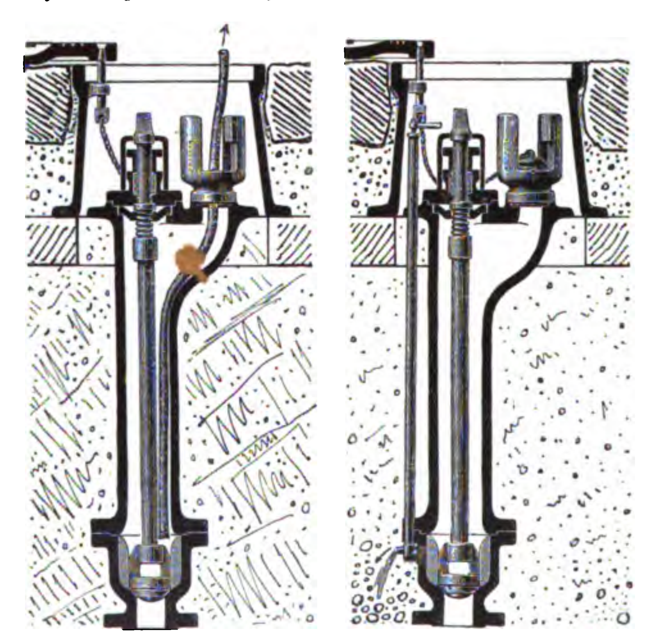


Fig. 398. Hydrant ohne Selbstentleerung von Reuther.



Fig. 399. Reuthers Gartenhydrant.

nen plombierten Schnur an Drehung verhindert zu werden. In dem Glaskasten findet sich bisweilen an einer Abzweigung unterhalb des Ventils ein Manometer eingesetzt, das den jeweils in der Feuerleitung herrschenden Druck anzeigt. Über die Verteilung der Feuerhydranten in Theatern u. dgl. ist Ausführliches enthalten in [5], [6], [7], [9], [10], [12], [20], [22].

7. Konstruktionen, welche in der Zwischenstellung kein Wasser durch die Entleerungsöffnungen entweichen lassen.

Der Nachteil, daß in der Zwischenstellung beim Öffnen und Schließen von Hydranten Wasserverluste stattfinden (vgl. S. 245), ist bei den Konstruktionen, die in den Fig. 388, 389, 393, 394, 395, 396 dargestellt sind, vermieden, worauf wir verweisen. Ähnliche Hydrantkonstruktionen sind in großer Zahl vorhanden.

B. Überflurhydranten.

Vorteile und Nachteile dieses Systems sind S. 235 besprochen. Überflurhydranten dürfen nirgends in den Bereich des Fuhrwerkverkehrs gestellt, also in der Regel auch nicht direkt auf die Straßenröhren montiert werden; sie erhalten meist besondere — häufig durch Absperrschieber vom Straßenrohr getrennte — Zuleitungen. In engen

Straßen sind sie ungeeignet; ebenso dort, wo sie auf schmalen Trottoirs den Häusern so nahe gelegt werden müssen, daß ihre Bedienung mit Gefahr verknüpft ist. Den Fußgängerverkehr stören die Überflurhydranten nicht oder nur wenig. Die Anlagekosten erreichen meist das Doppelte jener für Unterflurhydranten; trotzdem erfreuen sie sich einer zunehmenden Beliebtheit.

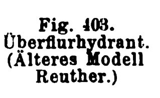


Fig. 403. Überflurhydrant. (Älteres Modell Reuther.)

Überflurhydrant (älteres Modell Reuther). Die Bedienung dieses in Fig. 403 gezeigten Hydranten geschieht an der über den Boden hervorragenden Standsäule durch Drehen der Säulenspitze mit einem Griffschlüssel, der auch zum An- und Abschrauben der Verschlußkappeln an den Schlauchabgangsstutzen dient. Beim Drehen der Säulenspitze, die zugleich die Kappe über die Spindelstopfbüchse bildet, wird auch die mit einem Vierkant in der Spitze steckende Gewindespindel gedreht, welche die mit seitlichen Vorsprüngen im Säuleninnern gerade geführte, auf der aus Gasrohr bestehenden Ventilstange befestigte Mutter je nach der Drehrichtung auf oder ab bewegt und damit das Ventil öffnet oder schließt (Gruppe 3). Das Ventil ist beledert, der Ventilkörper verschließt beim Aufwärtsgehen mit einer seitlich angebrachten Metallplatte die ins Freie mündende Entwässerung, indem der Wasserdruck bei offenem Hydranten die Metallplatte auf die kleine Seitenöffnung preßt. Beim Niederschrauben des Ventils wird die Entwässerungsöffnung wieder freigegeben und das im Steigrohr und in der Standsäule befindliche Wasser spritzt an das außen befindliche Spritzblech, um nach unten abgeleitet zu werden. Das oben im Säulenkopf liegende Gewinde erleidet beim Umgefahrenwerden der Säule einen gewissen Zug, wodurch das Hydrantventil geöffnet wird. Auch die Einwirkung der Kälte übt durch Zusammenziehen der langen Ventilstange einen Zug auf das Ventil aus. Diese Eigentümlichkeiten sind bei einer neueren Anordnung (vgl. Fig. 407, S. 251) vermieden. Das Hydrantventil ist ohne Aufgraben herausnehmbar. Bei Untermauerung des Hydrantfußes ist wegen des nach rechts wirkenden Schubes infolge der Wasserpressung, bei Wasserstößen und weil durch die Entwässerung das den Fuß umgebende Erdreich nachgiebig wird, besondere Sorgfalt geboten; am besten läßt man die gußeiserne Fußplatte in den Fundamentstein ein.

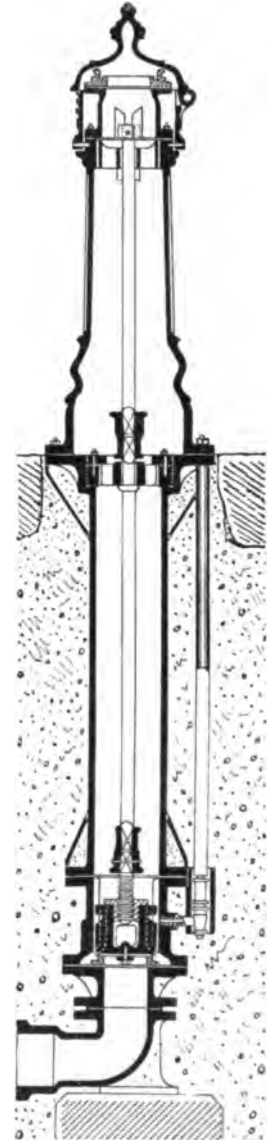


Fig. 404. Überflurhydrant Cramer-Dittmann.

Überflurhydrant Cramer-Dittmann [19]. Die Bedienung dieses Hydranten erfolgt durch Umlegen der oberen Gehäusekappe in Fig. 404, nachdem mittels eines besonderen Schlüssels der exzentrische Drehbolzen des Kappenscharniers gedreht wurde. In die freigewordene Kopföffnung wird der bei nächster Figur beschriebene Standrohrkopf mittels Storzschen Bajonettverschlusses aufgesetzt und die im Standrohrkopf befindliche Spindel, welche oben in die zweizackige Klaue in der Säule eingreift, gedreht. Hierdurch wird auch das Gestänge und die im unteren Ventilgehäuse sitzende Gewindespindel bewegt und das Hydrantventil, das die Gewindemutter trägt,

geöffnet (Gruppe 3). Gegen Drehung des Ventils mit der Mutter sichern seitlich im Gehäuse befindliche Führungsleisten, in welche der Ventilkörper eingreift. Die Entwässerung des Hydranten erfolgt nicht selbsttätig, sondern durch Öffnen eines kleinen Hahns am unteren Ventilgehäuse mittels des von einem Schutzrohr gegen Abrosten umgebenen Gestänges, das am Säulenfuß mit einem Schlüssel bewegt werden kann. Durch Verlegen der Gewinde in das frostfreie Erdreich werden schädliche Längenänderungen des Gestänges und beim Umfahren der Standsäule auch die Zerrungen am Ventil vermieden. Nach Lösen einiger Schrauben ist die Säule abnehmbar, worauf die im Erdrohr angebrachte mittlere Gestängeführung herauszunehmen ist, um bei Neubelederung das Ventil ohne Aufgraben entfernen zu können. Ist nur die Standsäule neu zu ersetzen, so kann das Hydrantventil geschlossen bleiben, erfordert demnach kein besonderes Abstellen der Hauptleitung. Zum Schutz gegen schädliche Ausdehnungen des Erdrohrs, wenn beim Auftauen des gefrorenen Erdbodens dieser übermäßig erwärmt wird, sind an der oberen und unteren Flansche des Erdrohrs konische Schutzplatten mit Korkumhüllung angebracht.

Fig. 405. Überflurhydrant nach Cramer mit künstlicher Entwässerung.

Oberflurhydrant nach Cramer mit künstlicher Entwässerung. Etwas abweichend von der in Fig. 404 gezeichneten Konstruktion ist dieser in Fig. 405 dargestellte Überflurhydrant nach Umklappen der Schutzhaube mittels Ventilhandrads sofort zur Wasserabgabe bereit. Die Entwässerung erfolgt auch hier mittels eines seitlich am Säulenfuß angebrachten Gestänges, das den Entleerungshahn des Ventilgehäuses öffnet. Zur Kontrolle, ob die Entwässerung funktioniert hat, wird bei geschlossenem Hydrantventil eine der beiden Schlauchkapseln abgeschraubt, die andere Kapsel muß dicht verschlossen sein; hierauf wird ein kurzer Gummischlauch an den geöffneten Schlauchstutzen dicht aufgesetzt und in den Schlauch bei dem Mundstück Luft eingeblasen, entweder mit dem Mund etwa $^3/_4$ Minuten lang oder mit einer kleinen Handluftpumpe. Hat die Entwässerung alles Wasser aus dem Erdrohr abgeführt, so tritt bei dem kleinen links am Säulenfuß ausmündenden Röhrchen, das im Innern bis nahe auf den Boden des Erdrohrs reicht, kein Wasser, sondern die eingeblasene Luft aus. Ist jedoch Wasser im Rohr stehen geblieben, so wird dieses bei kräftigem und lange genug währendem Blasen durch das Steigröhrchen ausgetrieben. Bei undurchlässigem oder sonst wasserhaltendem Boden ist diese Maßregel vor Eintritt kalter Witterung vorzunehmen, auch kann hierbei etwaige Undichtheit des Hydrantventils festgestellt werden.

Breuers Patent-Schieberhydrant D. R.-P. Nr. 24151. Diese als Überflurhydrant in Fig. 406 zur Abbildung gebrachte, aber ebensogut als Unterflurhydrant ausführbare Konstruktion weicht in dem abschließenden Organ von allen andern ab. Das Wasser wird nicht durch ein Ventil, sondern durch den bekannten Schieberkeil wie bei einem gewöhnlichen Absperrschieber abgeschlossen. Die Schieberspindel, die nach Abnehmen der Säulenkappe mittels Vierkantschlüssels bedient wird, ist aus zwei Teilen gebildet; der obere Teil als Gestänge, damit beim Umfahren der Säule die untere Spindel nicht verletzt wird und der Schieber geschlossen bleibt. Die Firma H. Breuer & Cie. in Höchst a. M. erwähnt als besondere Vorteile ihres Patentschieberhydranten die Abdichtungen, Metall auf Metall, die ca. 200 Millimeter tiefer als bei den seitherigen Überflurhydranten liegen. Eine Entwässerung fehlt, könnte aber auf dem Grund des Spurlagers der Spindel eingerichtet werden, wenn der Schieberkeil oben eine Durchbohrung zum Abfluß des Wassers erhielte; der stets vorhandene Spiel-



Fig. 406. Breuers Patent-Schieberhydrant.

raum im Gewinde würde beim Zurückdrehen der Spindel genügen, um die Entwässerung zu ermöglichen.

Normalüberflurhydrant (neueres Modell Reuther). Die in Fig. 403 beschriebene ältere Bauart ist hier in Fig. 407 durch eine neuere verbessert. Es wurde das Spindelgewinde aus dem Säulenkopf entfernt und in das Hydrantgehäuse im Boden verlegt. Diese Anordnung hat den schon bei Fig. 404 hervorgehobenen Vorteil, daß Längenänderungen des Gestänges bei Temperaturwechsel und das Beschädigen oder Umfahren der Standsäulen keinen Einfluß auf Dichthalten des tiefliegenden Hydrantventils ausüben können.

Die Bedienung des neuen in Fig. 407 gezeichneten Hydranten geschieht wie bei dem älteren Modell mittels Drehens der Säulenspitze mit einem Griffschlüssel, der nur im Besitz der Feuerwehr oder Gießmannschaft belassen wird. Die Entwässerung des Erdrohrs und der Standsäule ist die gleiche wie früher; sie wird durch das kleine seitliche Loch in dem Hydrantgehäuse bewirkt, welches für gewöhnlich offen und bei Benutzung des Hydranten durch Verdecktwerden mit dem Ventil geschlossen wird. Die Entwässerung, welche eigentlich selbsttätig erfolgen soll, ist an eine Bedingung geknüpft, die leicht übersehen wird und deshalb hier eingehender besprochen werden soll. Bei Abstellen des Hydrantventils ist das ganze Erdrohr und die Standsäule bis zu den Schlauchabgängen voll Wasser; kann dieses durch etwa verstopfte Entleerungslöcher nicht schnell genug entweichen oder ist der umgebende Boden nicht mehr aufnahmefähig, so liegt die Gefahr nahe, daß bei schnell erfolgendem und dichtem Verschluß der beiden Schlauchkapseln im Innern der Standsäule Luftleere entsteht, welche die niedersinkende Wassersäule aufhält. Das Wasser bleibt in der Standsäule und im Steigrohr bis zu einer unbekannten Höhe stehen und kann im Winter gefrieren. Es sollen daher die Verschlußkapseln erst aufgeschraubt werden, wenn man auf eine der beschriebenen Arten sich von der Trockenheit im Innern der Rohre überzeugt hat. (Durch ein nach innen sich öffnendes Luftventil könnte dem vorerwähnten Übelstand abgeholfen werden.)

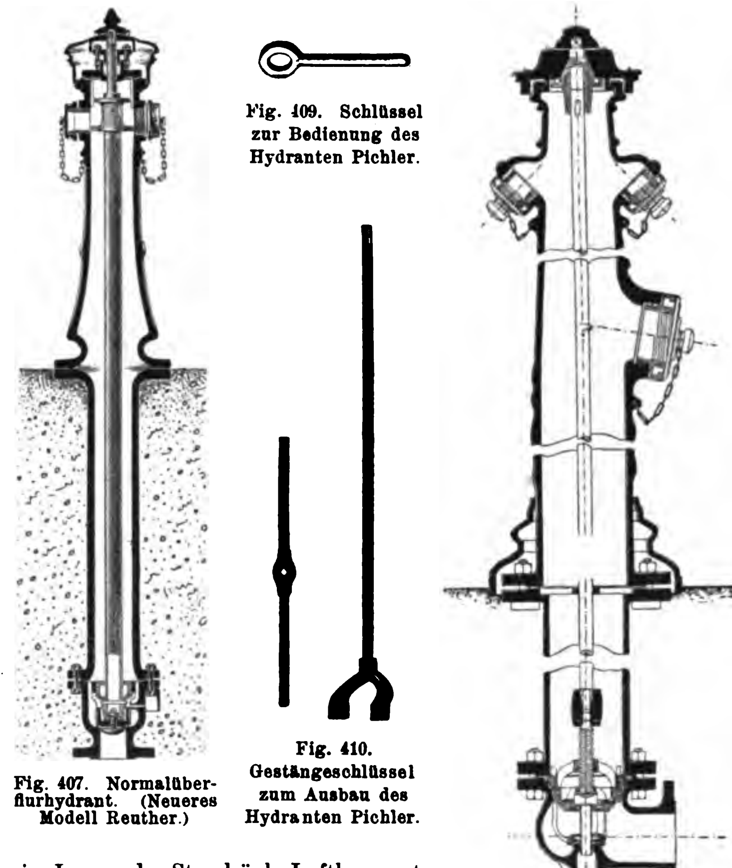


Fig. 407. Normalüberflurhydrant. (Neueres Modell Reuther.)

Fig. 409. Schlüssel zur Bedienung des Hydranten Pichler.

Fig. 410. Gestängeschlüssel zum Ausbau des Hydranten Pichler.

Fig. 408. Pichlers Überflurhydrant.

Bei vorkommenden Reparaturen am Ventilkörper kann dieser mit dem Gestänge aus dem Erdrohr und der Standsäule herausgezogen werden, nachdem zuerst die Hauptleitung oder die Zuleitung zum Hydranten abgestellt wurde. An dem Hydrantständer selbst ist nur die Schutzkappe und der Stopfbüchsendeckel abzunehmen.

Pichlers Überflurhydrant. Die Anwendung des Hydranten Pichler (vgl. Fig. 388 u. 389) auf das Überflursystem zeigen Fig. 408 bis 410. Die Handhabung erfolgt wie bei den vorhergehend besprochenen Überflurhydranten durch Drehen des Säulenkopfes mittels Schlüssels (Fig. 409). Damit die Entwässerung des Erdrohrs und der Standsäule rasch vor sich gehen kann, ohne durch den Luftdruck gehindert zu werden, ist, wie aus Fig. 408 hervorgeht, der obere Spindelkopf in der Säulenspitze mit einem metallisch abdichtenden Konus versehen, der die Stelle der sonstigen Stopfbüchsen vertritt und beim Nachlassen des Wasserdrucks in der Säule herabsinkt, um so der

Luft geräumige Eintrittsquerschnitte zu schaffen. Der Konus schließt sich durch einströmendes Wasser erst wieder, wenn er zu Beginn der Benutzung des Hydranten alle Luft aus der Standsäule entweichen ließ. Die Gefahr des Einfrierens einer Stopfbüchse, die sonst Überflurhydranten unbrauchbar macht, ist hiermit beseitigt. Aus der Figur ist an Bemerkenswertem noch zu entnehmen, daß nebst den beiden oberen schräg abwärts führenden Schlauchstutzen für Normalschläuche ein dritter schräger Stutzen mit größerer Lichtweite an der Standsäule angebracht ist, der zur Verbindung des Hydranten mit einer Dampffeuerspritze dient, sei es, daß bei mangelndem Druck der Wasserleitung der Saugschlauch der Dampfspritze meist mit 80—100 Millimeter lichter Weite an diesem Stutzen angekuppelt wird, die Spritze also direkt aus der Leitung saugt (vgl. hierüber das am Schluß dieses Paragraphen Gesagte), sei es, daß der weite Schlauch zur Füllung des Spritzentenders während des Spritzens benutzt wird und die beiden oberen Schlauchstutzen für die normalen Schläuche bei genügendem Druck gleichzeitig dem Brandobjekte dienen. In letzterem Falle ist das weite Schlauchende mit einem Ventil zur Regelung der Wassermenge ausgerüstet. Zur Herausnahme des Hydrantventils dient der Schlüssel Fig. 410.

Fig 411 zeigt die Kombination des Pichlerschen Unterflurhydranten mit einem Kandelaber, der auch als laufender Brunnen ausgebildet werden kann.





Fig. 411. Pichlers Kandelaberhydrant.

C. Standröhren und Strahlröhren.

Die Unterflurhydranten können, wie eingangs erwähnt, nicht direkt zur Wasserabgabe benutzt werden; es bedarf hierzu eines Überleitungsrohres, das einerseits auf den Hydranten, meist mittels eines besonderen sogenannten Hydrantgewindes, aufgeschraubt, anderseits mittels der Schlauchkupplung an die Spritzenschläuche oder an das Strahlrohr angeschlossen wird. Die gebräuchlichsten Standröhren und Überleitungsstücke sind im nachstehenden besprochen. Über Schläuche findet sich S. 144 ff. das Nähere. Standröhren mit eingebauten Wassermessern siehe in § 60.

Standröhren.

Standrohrkopf zum Hydranten Cramer (Fig. 404). Um den Überflurhydranten Cramer in Benutzung nehmen zu können, muß er mit dem in Fig. 412 gezeichneten Standrohrkopf versehen werden, welches von der Feuerwehr oder den Straßengießleuten mitgebracht wird und nicht nur den Verschluß des Steigrohrs mittels der sogenannten Storzschen Bajonettkupplung bildet, sondern auch mit dem eingebauten Schlüssel das Öffnen des Hydrantventils ermöglicht. Der am Handgriff umgebogene Haken dient zum Öffnen der Säulenkappe durch Drehen des exzentrischen Deckelbolzens. Die schräg nach abwärts führenden Schlauchgewindestutzen verhüten eine übermäßige Spannung in der oberen Schlauchwandung, da sie den Schläuchen eine natürliche Lage bezw. eine gute Führung bis auf den Boden ohne Knick geben.

Fig. 413 stellt ein Standrohr für Unterflurhydranten dar. Das Unterteil ist die in den Klauen- oder Bajonettverschluß einzuführende Verschraubung mit Dichtungszapfen. Das messingene Standrohr wird mit den Handgriffen zwischen die Klauen der Hydrantköpfe eingesteckt und im Sinne des Uhrzeigers mehrere Male gedreht; hierdurch schraubt sich die Messingmutter, die mit den seitlichen Flügeln an den Klauen anstößt und an Drehung verhindert wird, an dem Rohrgewinde in die Höhe, bis sie oben an den Klauen fest anliegt und gleichzeitig den Zapfen unten dicht auf den Ledersitz der Hydrantöffnung preßt. Am oberen Ende des Standrohrs sitzt drehbar der zweiteilige Schlauchgewindekopf mit Verschlußkapseln, dieser soll nicht mehr als 0,5 Meter über Terrain vorstehen, um das Standrohr nicht zu verbiegen.

Reuthers bewegliches Standrohr. In Fig. 414 ist ein Standrohr gezeichnet, wie es zu Reuthers Patenthydranten in Fig. 395 verwendet werden kann mit unterem Schlüssel für die Spindelmutter; außerdem ist am oberen Teil mittels Dreiweghahns die Anordnung getroffen, daß beim Drehen des Hahngriffes *H* das austretende Wasser entweder in den linken oder in den rechten Ausguß, oder in beide zugleich geleitet wird, wie in der mittleren Figur durch die Gehäuseschnitte mit den Pfeilen und den zugehörigen Hahngriffstellungen ersichtlich gemacht ist.

In Fig. 415 ist dieselbe Anordnung für ein Standrohr gezeichnet, wie es für die anderen

Unterflurhydranten verwendet wird. An beiden gezeichneten Standröhren, die mit Ausnahme der Handgriffe ganz aus Messing und Rotguß angefertigt werden, ist das Oberteil in einer Stopfbüchse drehbar, die Drehung wird bewirkt durch Anfassen und Drehen an den beiden Ausgußstutzen und hat den Zweck, den Schlauchabgängen eine beliebige Richtung zu geben. Nach Einführung des Standrohrs (Fig. 414) zwischen die Klauen der im Straßenkasten sitzenden Hydrantköpfe wird durch Drehung an den Handgriffen *S* zunächst die Befestigung und Abdichtung des Standrohrs am Hydrantkopf bewirkt, hierauf erfolgt durch Drehen des obersten Handgriffes *G* Öffnen des Hydranten, durch Drehen des Hahnschlüssels *H* die gewünschte Speisung eines oder beider Schläuche und mit Handgriff *G* zuletzt der Schluß des Hydranten.

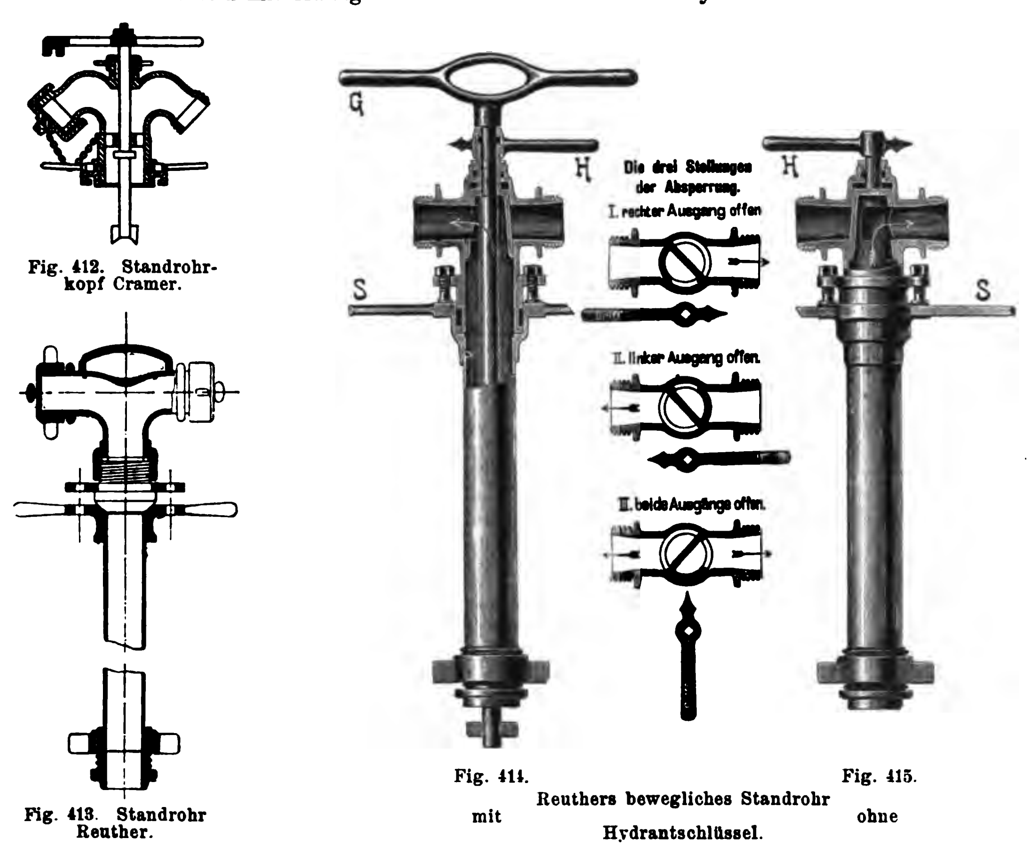


Fig. 412. Standrohrkopf Cramer.

Fig. 413. Standrohr Reuther.

Fig. 414. Fig. 415.
Reuthers bewegliches Standrohr
mit / ohne
Hydrantschlüssel.

Bei dem Standrohr Fig. 415 erfolgt die Bedienung des Hydrantventils durch einen besonderen Hydrantsteckschlüssel, der in abgelegenen Schächten nach Fig. 380 manchmal seinen Aufbewahrungsort findet. Auch das Standrohr kann dort untergebracht werden, ist dann aber von einfacherer Bauart, und aus Gasrohr angefertigt; nur der Klauenverschluß und das Schlauchgewinde sind von Messing, weil ein ganz aus Messing bestehendes Standrohr in den meist feuchten und schmutzigen Schächten verdorben würde.

Schlauchverschraubung.

Die in Fig. 416 abgebildeten zwei Bestandteile bilden die Kupplung oder Verbindung der Feuerwehrschläuche in den meisten Städten Deutschlands. Der linke Teil *A*, dessen Gewinde auch den Standröhren der Hydranten für die Ankupplung des ersten Schlauches angeschnitten ist, heißt Vatergewinde, zum Unterschiede der anderen Kupplungshälfte *B*, welche am anderen Ende jedes Schlauches angebracht wird und das Muttergewinde enthält. Um Schläuche verschiedener Lichtweite miteinander verbinden zu können, hat man für kleinere Abweichungen von *D* eine einzige Gewindedimension d_i und d_a angenommen, die unter dem Namen „Normalgewinde" eingeführt ist. Die Verschraubung mit dem Vatergewinde hat einen inneren Konus mit der Verjüngung 1: 10 und eine Verlängerung mit eingedrehten Kerben zur Befestigung der Hanf- oder Gummischläuche mittels Messingdrahts, das sogenannte Einbinden. Die Verschraubung mit dem Muttergewinde wird über eine Schlauchhülse geschoben, an deren

Bundring sich die hintere Einschnürung der Mutter beim Zusammenschrauben legt und das konische vordere Ende der Schlauchhülse in den Konus des Vatergewindes hineinpreßt. Die beiden Konusse sind mit dem für alle Schlauchkupplungen gleichen äußersten Lochdurchmesser *d* ausgeführt, zusammengeschliffen und können mit jedem anderen Konus verbunden werden. Die eigentliche Abdichtung erfolgt jedoch nicht im Konus, sondern mittels Pressung der glatten Stirne des Vatergewindes auf den vor dem Bundring der Schlauchhülse in einer Eindrehung sitzenden Gummiring. Die Schlauchmutter wird zunächst von Hand auf das Vatergewinde geschraubt und schließlich mit Holz- oder Kupferhammerschlägen festgetrieben. Trotz des Nachteils, daß diese Verschraubung aus zwei ungleichen Hälften besteht und Verwechslungen mit den Schlauchenden deshalb häufig vorkommen, hat sie infolge ihrer Einfachheit und leichten Verständlichkeit in der Handhabung eine allgemeine Verbreitung gefunden.

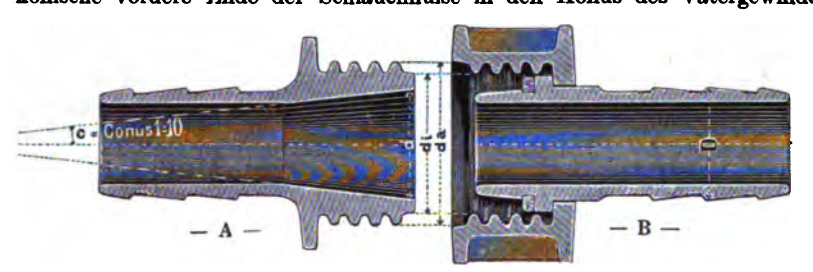
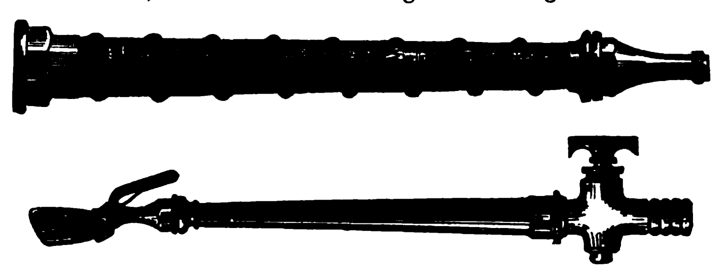


Fig. 416. Schlauchverschraubung für Hydranten.

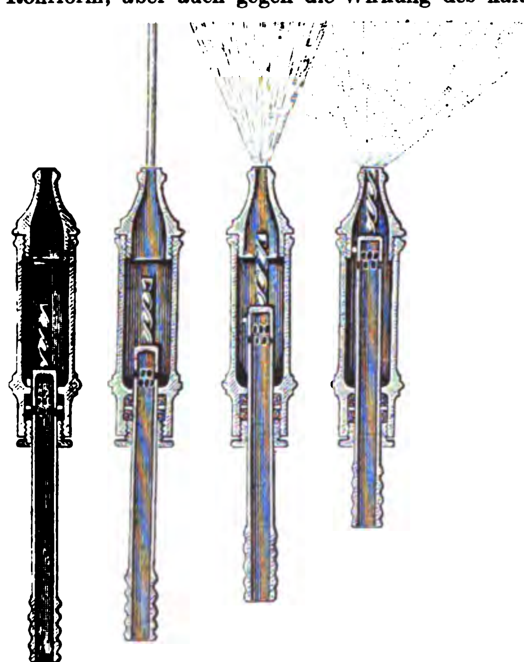
Andere Arten von Schlauchverschraubungen s. unter Schläuche § 53, S. 145 u. Fig. 230, 232, 234 u. 235.


Fig. 417. Strahlrohr für Feuerlöschzwecke und zum Gießen in Gärten und Straßen.

Strahlröhren zu Hydrantenbenutzung.

Die obere Strahlröhre in Fig. 417 ist die bei den Feuerwehren übliche, mit Innenschlauchgewinde links, äußerer Umwicklung mit Schnur zum Schutz gegen Beschädigung der zylindrischen Rohrform, aber auch gegen die Wirkung des kalten durchströmenden Wassers für die Hand des Strahlführers. Das Mundstück ist auswechselbar mit verschiedenen Lichtweiten; es hat eine eigentümliche parabolisch sich verjüngende Innenform, um den Strahl nicht zu zerstreuen. — Die untere Strahlröhre dient zu Gießzwecken für Straßen u. dgl., hat rechts Einkerbungen zum Aufbinden eines Spritzschlauches, einen Abstellhahn und links ein Streublech zur feinen Verteilung des Wasserstrahls.

Houbens Strahlrohr mit Roovers Hahn und Wirbelbrause. Eine Verbindung des Roover schen Hahnes (Fig. 329) mit einem Strahlrohr hat J. G. Houben in Aachen getroffen, welche auf einfache Weise die Absperrung, den glatten Austritt und den zerteilten Austritt eines Strahles erzielt. In Fig. 418 sind vier Stellungen des Strahlrohrs gezeichnet: die erste zeigt das Strahlrohr so weit über das glatte Metallrohr, das den Ausläufer des Spritzenschlauches bildet, vorgeschoben, daß die Austrittslöcher an dem äußeren Ende des Metallrohrs von der Stopfbüchse am inneren Ende des Strahlrohrs überdeckt sind, es findet demgemäß keine Wasserentnahme statt. In der zweiten Stellung ist das Strahlrohr so weit gegen


Fig. 418. Houbens Strahlrohr mit Roovers Hahn und Wirbelbrause.

das Schlauchende hin geschoben, daß das Wasser durch die Löcher in der Wand des Metallrohrs hindurch in das Strahlrohr eintreten kann und dieses beim Mundstück in einem glatten Strahl verläßt. In der dritten Stellung ist das Strahlrohr noch weiter zurückgeschoben, so daß die Metallspirale am vorderen Ende des Rohrkolbens in die Höhlung des Mundstückes hineinragt. Durch diese Verengung wird das Wasser gezwungen, an der Spirale sich vorbeizuwinden, wobei der ganze im Mundstück befindliche Wasserkörper eine drehende Bewegung erhält, die er außerhalb des Mundstückes in Form einer Brause fortsetzt. Bei gänzlicher Zurückschiebung des Strahlrohrs in der vierten Stellung wird die Mündung durch die Spirale so weit verengt, daß der feine sich drehende Wirbelstrahl nur noch einen Sprühregen erzeugt. Soll die Wasserentnahme eingestellt werden, so hat man nur das Strahlrohr wieder ganz bis an den inneren Anschlag am Rohrkolben vorzuschieben, wozu eine etwas größere Anstrengung erforderlich ist als beim Zurückschieben, weil der Wasserdruck beim Schließen auf die hintere innere Ringfläche des Strahlrohrs entgegenwirkt; beim Öffnen wirkt er fördernd im Sinne des Zurückschiebens.

Eine andere Art Strahlrohr, bei welchem durch **Drehung des äußeren Teiles** entweder ein glatter Strahl oder eine mehr oder minder starke Zerstäubung und vollständiger Abschluß des Wassers bewirkt wird, hat Chr. Berghöfer & Co. in Kassel für nachstehende vier Größen angefertigt:

Ausflußweite . . .	6	10	15	19	mm
für Schläuche von .	10—22	25—38	40—72		mm
Preis	7,50	12,50	17,50	23.—	Mk. per Stück.

Ein Strahlrohr für Feuerlöschzwecke „Auto-Hydor“, das mit dem Wasserhahn und Schlauch derart verbunden und aufgehängt ist, daß es ohne jede weitere Handhabung als durch bloßes Abhängen Wasser gibt, fertigt Butzke & Co., Berlin, an.

Über Mundstücke siehe Näheres [11], [18] und unten § 58 bei den Springbrunnen.

D. Verhalten der Hydranten im Gebrauch, Versuche über Wurfweiten und dgl.

a) Einfrieren von Hydranten.

Die Ursache des Einfrierens liegt entweder in zu geringer Tieflage des Hydrantventils oder in mangelhafter Ableitung des Wassers aus dem Steigrohr bezw. in zu großer Feuchtigkeit des den Hydranten umgebenden Bodens. Im deutschen Klima beträgt die mindestens erforderliche Tieflage des Hydrantventils 1,2 bis 1,5 Meter. Die Wasserableitung aus dem Steigrohr wird bei den im Boden eingebauten Hydranten häufig dadurch erschwert oder unmöglich, daß die Entleerungsöffnungen bei der üblichen Selbstentleerung nicht mit Bronze ausgebüchst sind und dann zurosten. Wirksame Vorkehrungen gegen Frost haben wir S. 243 bei Fig. 390 angegeben. Die Beseitigung der durch Frost veranlaßten Übelstände ist stets schwierig, an einigen Beispielen soll das Verfahren erörtert werden.

1. In dem kalten Winter 1892/93 froren in Stuttgart die älteren, mit 1,3 Meter Rohrdeckung verlegten Hydranten in den Schächten (vgl. Fig. 380) ein; der Boden war damals bis auf 1 Meter Tiefe gefroren. Die Hydrantenhälse lagen in derselben Tiefe, und es war Gefahr vorhanden, daß bei länger anhaltender Kälte auch die tiefer liegenden Hydranten mit 1,5 Meter Rohrdeckung Schaden litten. Die auffallende Tatsache, daß nur die mit Flußwasser versorgten Stadtteile gefrorene Hydranten zeigten, die mit Seewasser versorgten nicht, ließ die Annahme zu, daß der geringe Wärmegehalt des Neckarwassers mit + 0,25 Grad C. an dem Einfrieren die Hauptschuld trüge, da das Seewasser 2 bis 3 Grad C. hatte. Der Neckar führte damals viel Grundeis und dieses entzog dem Wasser fortgesetzt Wärme. Die Versorgung geschah wie immer im Winter nur mittels der Wasserkraftpumpstation (vgl. Abt. I, Fig. 256) die für den Sommerverbrauch bestehende Reservedampfpumpstation (vgl. Abt. I, Fig. 183) stand still. Man fragte sich, ob mittels Dampfs, den man in das eiskalte Wasser im Reinwasserbassin vor den Pumpen direkt einströmen ließe, die Temperatur zu erhöhen wäre. Die Rechnung ergab, daß einer der vorhandenen 3 Dampfkessel mit je 76 Quadratmeter Heizfläche bei normaler Beanspruchung mit 16 Kilogramm-Quadratmeter stündlicher Dampfproduktion eine Wärmemenge in Form von einatmosphärigem Dampf zu rund 600 Kalorien pro Kilogramm im Betrage von 729600 Kalorien liefern kann, während der Zuschuß an Wärme für den damals 8500 Kubikmeter betragenden Tagesbedarf an Neckarwasser bei etwa 2 Grad Temperaturerhöhung einen stündlichen Wärmeverbrauch von rd. 710000 Kalorien erforderte. Somit war die Sache ausführbar, und es wurde schleunigst der dem nebenan liegenden Reinwasserbassin nächste Dampfkessel mit kaltem Wasser gefüllt, die beiden Sicherheitsventile, welche für normalen Betrieb auf $6^1/_2$ Atmosphären Dampfspannung belastet waren, ganz entfernt, eine der hierdurch frei gewordenen Öffnungen benutzt, um von ihr aus eine provisorische Dampfleitung von 50 Millimeter lichter Weite in schmiedeisernen Röhren, gut mit Stroh umwickelt, durch das nächste Fenster in einen Ventilationsständer des im Boden liegenden gemauerten Reinwasserbassins einzuführen; die Mündung des Dampfrohrs tauchte etwa 1 Meter

in den Wasserstand des Bassins ein. Während der Ausführung dieser Arbeiten wurde der kalt gelegene Kessel angeheizt und bei einem offenen Sicherheitsventil beobachtet, bis das Wasser im Kessel zu sieden anfing; dann wurde der Sicherheitsventilkegel ohne weitere Belastung aufgesetzt und am Manometer die allmähliche Druckzunahme von 0 bis nahezu 1 Atmosphäre verfolgt. Die Dampfspannung wurde aus dem Grunde so niedrig gehalten, weil man befürchtete, daß das bekannte Knattern beim Einlassen von hochgespanntem Dampf in kaltes Wasser auf das gemauerte Saugbassin nachteilige Erzitterungen hervorrufen könnte. Außerdem ist der Wärmegehalt bei Dampf von höherer Spannung nur um weniges größer als bei atmosphärischem Druck. Es zeigte sich denn auch nicht die geringste Erschütterung. Die Temperaturmessungen ergaben eine Zunahme von ³/₄ bis 1 Grad, und nachdem Tag und Nacht unter dem Kessel fortgeheizt wurde, wie wenn er für die Dampfpumpmaschine in Betrieb wäre, nur mit dem Unterschiede, daß der Dampf mit sehr niederer Spannung erzeugt und kaum erzeugt wieder im Förderwasser kondensiert werden mußte, ließen die Meldungen von Hydrantenfrostschäden nach.

2. Daß nicht nur Überflurhydranten, sondern auch Unterflurhydranten (vgl. Fig. 390, S. 242) in größerer Zahl einfrieren, geht aus einem Bericht der Wasserwerksverwaltung zu Frankfurt a. M. 1900 hervor, „wonach in diesem Winter 600 Unterflurhydranten eingefroren waren, trotzdem die ganze verfügbare Mannschaft mit Revisionen sich beschäftigte, die Straßenkappen schneefrei gehalten und mit Viehsalz bestreut hatte". Die Revisionsarbeiten werden gewöhnlich nicht bei Licht betrieben; es ist also an Wintertagen von 5 Uhr nachmittags bis 8 Uhr vormittags ein Zeitraum von 15 Stunden, der zur Anfüllung des Hydrantrohrs mit Wasser hinreicht. Daß gleichzeitig bei diesen eingefrorenen Unterflurhydranten die Entwässerungen unbrauchbar waren, die wahrscheinlich durch Schlamm oder Rost oder sonstige Fremdkörper verstopft gewesen sind, wurde eben beim Einfrieren des Hydrantrohrs erst entdeckt; sonst hätten von den damals eingebauten ca. 1500 Unterflurhydranten mehr einfrieren müssen. Übrigens ist der große Prozentsatz, 40 vom Hundert, ein Hinweis, daß für Dichthalten des Ventils und Wirksamkeit der Entleerungsvorrichtungen in den Konstruktionen noch vieles geleistet werden kann. Ob der Pichlersche Hydrant (vgl. Fig. 388 u. 389, S. 241), der auf diese beiden Übel besonders Bedacht nimmt, die Frage lösen wird, muß die Erfahrung zeigen.

b) Gefahren beim Auftauen gefrorener Hydranten.

Das Auftauen eingefrorener Hydranten, besonders solcher in Schächten, ist nicht immer ohne Gefahr für den Bestand der Armaturteile, wie für die Arbeiter selbst. Der Hergang beim Auftauen ist in der Regel folgender. Erst werden die eingefroren gefundenen Teile (meist mit Spirituslötlampen) aufgetaut; die ungleiche und intensive Erwärmung der Metallteile erzeugt Spannungen im Material, welche häufig zum Bruch führen können. In Schächten findet sich Winters, infolge von Gasrohrbrüchen, öfters Leuchtgas vor, welches zu heftigen Explosionen Veranlassung geben kann, wenn mit Feuer oder Licht im Schacht hantiert wird; dabei können die Arbeitenden gefährlich verbrannt werden. Bestreuen der schneefreien Schachtdeckel mit Viehsalz zum Schutz gegen Zufrieren des Deckels wird im Wechsel mit Bestreichen der Spuntflächen mit Talg da und dort geübt, um wenigstens ein leichteres Lösen des Deckels zu erzielen.

c) Wasserverbrauch durch Feuerlöscheinrichtungen bei großen Bränden.

Welche Leistungsfähigkeiten bei Brandfällen von dem Rohrnetz und von den Hydranten großer Städte gefordert werden, mag aus den nachstehenden Zahlen hervorgehen. Beim Brande des Königlichen Hoftheaters in Stuttgart wurden in der Nacht vom 19. auf 20. Januar 1902 binnen 7,5 Stunden 4500 Kubikmeter Wasser aus 16 Hydranten, und 1500 Kubikmeter aus 3 Dampfspritzen in die Flammen geschleudert. Das durchschnittlich mit 167 Liter pro Sekunde durch die Zuleitungsrohre von 300 und 150 Millimeter lichter Weite strömende Wasser hätte bei der Annahme, daß sich beide Rohre gleichmäßig an der Zuführung beteiligten, eine Geschwindigkeit von 1,90 Meter haben müssen. Die 300 Millimeter-Leitung vom städtischen Reservoir Ameisenberg (siehe Abt. I, S. 785, Fig. 428) hatte 5 Atmosphären, die 150 Millimeter weite, für Brandfälle aus der höheren Zone vom Reservoir Uhlandshöhe gespeiste Leitung 10 Atmosphären Ruhedruck. Die Speisung der drei Dampffeuerspritzen erfolgte mit besonderem Wasser vom staatlichen Wasserwerk bei 3 Atmosphären Druck. Für jeden der 16 Hydranten ergibt sich eine durchschnittliche Wassermenge von 10 Sekundenliter. Kurz nach Beginn des Brandes konnte vor Ingangsetzung der Pumpmaschinen in der Pumpstation am Kanonenweg die Abnahme des Wassers aus dem Reservoir der höheren Zone beobachtet werden; es war der Wasserstand nachts 2 Uhr 47 Minuten 2,315 Meter, um 2 Uhr 52 Minuten 2,300 Meter, um 2 Uhr 57 Minuten 2,285 Meter, also eine gleichmäßige Absenkung des Wasserspiegels um 15 Zentimeter in je 5 Minuten. Das Wasser ging ausschließlich zur Brandstätte, da um diese Zeit in jener höher gelegenen Zone kaum ein Verbrauch stattfindet, und sind, da das Reservoir bei 4,0 Meter Wassertiefe 3000 Kubik-

meter Inhalt faßt, also pro Zentimeter Höhe 7,5 Kubikmeter, in einer Sekunde 37,5 Liter durch den 150 Millimeter-Strang von 1100 Meter Länge mit einer Geschwindigkeit von 2,13 Meter geflossen, welche einen Druckverlust von 6 Zentimeter pro laufenden Meter Rohrstrang, im ganzen also rd. 6 Atmosphären verursachen mußten, der jedoch bei dem Druck von 10 Atmosphären die Löscharbeiten nicht beeinträchtigte.

d) Leistungen von Hydranten an verschiedenen Rohrkalibern.

Aus [17] entnehmen wir nachstehende übersichtliche Zusammenstellung der nach der Ausführung erhobenen Leistungsfähigkeiten einzelner Hydranten in den Ortschaften und Höfen der württembergischen Albwasserversorgung Gruppe I (der Eyb-Gruppe zwischen Geislingen a. d. Steig, Ulm und Heidenheim).

Laufende Nummer	Name des Ortes und Einwohnerzahl zur Zeit der Versuche im Juni 1880		Hydranten: Zahl im Ort	Hydranten: Lage unter dem Reservoirspiegel in m	Lichtweite u. Benennung der Leitungen, auf welchen die Hydranten in Entfernungen von je 45 m angebracht sind.		Ergiebigkeit in Lit. per Sek.: mit einem Ausgusse	Ergiebigkeit in Lit. per Sek.: mit zwei Ausgüssen	Hierbei in der Leitung verursachte: Geschw. in m per Sekunde max.	Hierbei in der Leitung verursachte: Druckverlust in cm per lfd. m Rohr max.	Theoretische Ausfluß-: Geschw. in der Hydr.-Ventilöffnung m p. Sek.	Theoretische Ausfluß-: Wassermenge durch d. Ventil Liter per Sek.	Nutzeffekt des Hydranten Sp. 7 / Sp. 11
1.	2.		3.	4	5.		6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1	Weiler	216	11	7	100 mm	Hauptstrang	9,3	10,2	1,30	4,88	11,70	28,7	0,35
2	„			41	90 „	Seitenstrang	17,3	20,0	3,14	31,40	28,40	70,0	0,28
3	Hofstett a/Staig	40	3	21	90 „	Hauptstrang	6,3	7,0	1,10	4,00	20,30	50,0	0,14
4	„ . . .			27	90 „	„	7,3	8,0	1,26	5,00	23,00	56,5	0,14
5	Waldhausen . .	192	12	13	150 „	„	13,3	14,5	0,83	0,92	15,97	38,4	0,38
6	„			18	100 „	Seitenstrang	11,3	12,8	1,63	7,00	18,79	46,0	0,28
7	Steinenkirch . .	363 (Nr. 7–10)	16	10	100 „	Hauptstrang	11,6	13,0	1,66	7,50	14,00	34,5	0,38
8	„ . . .			17	90 „	Seitenstrang	12,0	13,6	2,14	14,60	18,26	45,0	0,30
9	Hof Trasenberg		2	16	90 „	Einzelstrang	5,9	6,0	0,95	2,80	17,71	43,6	0,14
10	„ Ravenstein		2	50	75 „	„	6,2	6,3	1,43	7,45	31,40	77,0	0,08
11	Böhmenkirch .	1716	46	17	115 „	Seitenstrang	14,0	16,0	1,54	4,15	18,26	45,0	0,36
12	„ . . .			29	150 „	Hauptstrang	19,7	24,0	1,36	2,65	23,85	51,7	0,41
13	„ . . .			46	90 „	Seitenstrang	12,0	13,0	2,04	13,20	30,30	75,0	0,17
14	Gussenstadt . .	976	41	4,5	150 „	Hauptstrang	9,5	9,7	0,55	0,40	9,39	23,0	0,42
15	„ . . .			13	115 „	„	14,7	15,8	1,52	4,05	15,97	39,4	0,40
16	„ . . .			24	90 „	Seitenstrang	12,7	14,7	2,31	17,00	21,69	53,2	0,28
17	Heuchstetten .	160 (Nr. 17–19)	11	40	75 „	„	11,6	12,5	2,83	34,50	28,00	69,0	0,18
18	„ .			45	80 „	Hauptstrang	13,3	14,5	2,90	32,00	30,00	74,0	0,20
19	Hof Heutenburg		1	30	75 „	Einzelstrang	7,9	8,0	1,82	14,20	24,26	59,5	0,13
20	Gerstetten . .	2239	76	12	90 „	Seitenstrang	7,3	7,5	1,18	4,10	15,34	37,6	0,20
21	„			53	125 „	Hauptstrang	22,5	26,6	2,16	8,65	32,40	79,5	0,33
22	„			57	75 „	Seitenstrang	15,0	17,7	4,00	69,00	33,50	82,5	0,21
23	Heldenfingen .	816	36	35	75 „	„	11,7	12,3	2,80	33,50	26,40	65,0	0,19
24	„ . . .			40	115 „	Hauptstrang	15,8	18,0	1,73	5,20	28,00	68,9	0,26
25	„ . . .			50	75 „	Seitenstrang	12,2	13,2	3,00	38,60	31,40	77,0	0,17
26	Stötten . . .	239	16	46	100 „	Hauptstrang	18,5	20,4	2,60	18,30	30,30	74,5	0,27
27	„			74	90 „	„	16,7	20,9	3,30	29,40	38,30	94,0	0,22
28	Schnittlingen .	298	18	52	90 „	„	16,3	18,2	2,86	26,00	32,00	78,5	0,23
29	„ . . .			55	125 „	„	20,9	23,3	1,90	6,66	33,00	81,3	0,29
30	Kuchalb . . .	97	5	11	100 „	„	11,7	12,0	1,53	6,66	14,69	36,0	0,33
31	„			16	90 „	Seitenstrang	11,5	11,8	1,86	11,00	17,71	43,5	0,27

Die Zusammenstellung enthält 12 Spalten, wovon die 2. bis 7. der amtlichen Veröffentlichung direkt entnommen sind; in diesen 6 Spalten stehen die Angaben über die in den einzelnen Orten befindliche Anzahl der Hydranten, welche sämtlich mit der in Württemberg als normal geltenden Lichtweite der Ventilöffnung von 56 Millimeter und in gemauerten Schächten nach Fig. 380 S. 237 ausgeführt sind, ferner über den an der Hydrantstelle bei gefülltem Reservoir herrschenden Ruhedruck in Metern Wassersäule bezw. die Tiefenlage der Hydranten unter dem Reservoirspiegel, über die Rohrlichtweiten, auf denen die Hydranten angebracht sind, und über die Ergiebigkeit der Hydrantenstandröhren mit einem Ausgusse und mit zwei Ausgüssen.

Um eine Beziehung zwischen der Anzahl Hydranten in Spalte 3 zu der Größe des Ortes zu erhalten, wurden in die Spalte 2 der Ortsnamen die zugehörigen Einwohnerzahlen eingetragen, wie sie in [17] aus dem Konstituierungsprotokolle über die Bildung der Eyb-Gruppe I hervorgehen. Die Vergleichung der Zahlen in Spalte 2 und 3 zeigt, daß auf durchschnittlich 15 Ein-

wohner in den kleineren Orten mit 100 Seelen, auf 20 in den mittleren mit 300, und auf 30 Einwohner in den größeren mit über 300 Seelen je ein Hydrant kommt. Die Bevölkerung ist ackerbautreibend. — In Spalte 8 ist die im Rohrstrang des Hydranten beim Durchfluß der größten, durch zwei Standrohrausgüsse erhaltenen Wassermenge aufgetretene mittlere Wassergeschwindigkeit ermittelt. Die erhaltenen Werte zeigen Wassergeschwindigkeiten von 0,55 Meter pro Sekunde bei Nr. 14, bis zu 4,00 Meter pro Sekunde bei Nr. 22. In 16 Fällen, also bei der Hälfte der angestellten Versuche, bleiben indes diese Geschwindigkeiten zwischen 1,0 Meter und 2,0 Meter, bei 3 Hydranten sind sie unter 1,0 Meter.

In Spalte 9 sind die aus den Wassergeschwindigkeiten und Rohrdurchmessern resultierenden Druckverluste des Hydrantrohrstranges in Zentimeter pro laufenden Meter Leitungslänge eingesetzt. Aus dem Vergleich der beiden Spalten 6 und 7 geht klar hervor, daß trotz des zweiten an den Standröhren vorhandenen Ausgusses die Wassermenge nicht entsprechend vermehrt werden konnte, wie Nr. 9, 14, 19, 20, 22 besonders erkennen lassen. Ein Beweis, daß die Durchlaßfähigkeit der Leitung bei dem verfügbaren Gefälle schon mit einem Standrohrausguß nahezu erschöpft war.

Spalte 10 enthält die theoretischen Ausflußgeschwindigkeiten in der Ventilöffnung des Hydranten nach Formel $v = \sqrt{2 g H}$, worin H das ganze verfügbare Gefälle aus Spalte 4 bedeutet. Wäre die betreffende Hydrantleitung von so großer Lichtweite angelegt worden, daß sie bei den entnommenen Wassermengen keinen Druckverlust verursacht hätte, so hätte die Ausflußgeschwindigkeit die in Spalte 10 berechneten Werte angenommen. Aus diesen Werten sind dann unter Zugrundelegung der lichten Ventilöffnung mit 56 Millimeter Durchmesser bezw. 0,2463 Quadratdezimeter freiem Querschnitt die theoretischen Ausflußmengen in Spalte 11 erhalten worden, als Produkt von Geschwindigkeit mal Fläche, um die Mengen in der üblichen Form in Litern darzustellen. Diese Mengen wären also bei der vorhandenen Druckhöhe H durch einen einzigen Hydranten als ideales Maximum erhältlich. In Spalte 12 ist sodann der Quotient der Werte in Spalte 7 durch diejenigen in Spalte 11 zum Ausdruck gebracht. Dieser Quotient gibt an, wieviel von dem Hydranten hinsichtlich seiner Ventilgröße und Tiefenlage ideal erwartet werden könnte und lehrt, daß die zu wählende Lichtweite des Hydranten von untergeordneter Bedeutung ist, daß vielmehr die Lichtweite der Zuleitungen und selbstverständlich die Tiefenlage den größten Einfluß auf die Ergiebigkeit haben. Obschon ein abschließendes Urteil über den Nutzeffekt der einzelnen Hydranten nur erfolgen könnte, wenn die Leitungslängen der Rohrstränge berücksichtigt würden, die im vorliegenden Fall nicht gegeben sind, soll doch folgendes hervorgehoben werden. Bei den 75 Millimeter-Strängen bewegen sich die Koeffizienten (Spalte 12) zwischen 0,08 und 0,21, wie aus Nr. 10 mit 0,08, Nr. 17 mit 0,18, Nr. 19 mit 0,13, Nr. 22 mit 0,21, Nr. 23 mit 0,19 und Nr. 25 mit 0,17 hervorgeht. Bei dem 80 Millimeter-Strang in Nr. 18 stellt sich der Koeffizient mit 0,20 ein, also höher als bei dem kleineren Rohrdurchmesser von 75 Millimeter. Bei den 90 Millimeter-Strängen sind die Koeffizienten im Durchschnitt wieder höher als bei dem 80 Millimeter-Strang; sie variieren zwischen 0,14 und 0,30. Dreimal betragen sie die gleiche niederste Ziffer 0,14, obschon, wie aus den zugehörigen Nr. 3, 9 und 13 ersichtlich, die Druckhöhen beträchtlich voneinander abweichen. Daß Nr. 9 und 13 den niederen Nutzeffekt ergeben, ist nicht zum geringsten darauf zurückzuführen, weil sie beide den Hydranten nicht auf dem Hauptstrang, sondern auf einem Seitenstrang tragen. Auch die überhaupt niederste Ziffer in der Zusammenstellung bei dem 75 Millimeter-Rohr in Nr. 10 kommt bei einem Seitenstrang vor. Abzweigungen der Hydrantleitungen von Hauptsträngen üben also einen nennenswerten schädlichen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der Hydranten aus. Bei den 100 Millimeter-Strängen steigen die Koeffizienten abermals, wie Nr. 26 mit dem Minimum des Nutzeffektes von 0,27 und der Reihe nach die Nr. 1, 6 und 30, sowie das Maximum bei Nr. 7 mit 0,38 zeigt. Bei den 115 Millimeter-Strängen liegen die Werte wiederum höher, der geringste ist bei Nr. 24 mit 0,26, der mittlere bei Nr. 11 mit 0,36 und der höchste bei Nr. 15 mit 0,40 verzeichnet. Bei zwei 125 Millimeter-Strängen sinken die Werte um weniges gegen das vorhergehende herab; es haben die Nr. 29 mit 0,29 das Minimum, Nr. 21 mit 0,33 das Maximum. Bei den 150 Millimeter-Strängen erheben sich die Koeffizienten endlich zu den Höchstwerten der ganzen Versuchsreihe, Nr. 5 mit dem kleinsten Wert von 0,38, Nr. 12 mit 0,41 und Nr. 14 mit dem größten Wert von 0,42. Die Zunahme des Nutzeffektes der Hydranten mit der Vergrößerung des Rohrdurchmessers erhellt aus der nachstehenden kleinen Tabelle.

Rohrdurchmesser der Hydrantleitung mm	75	80	90	100	115	125	150
Nutzeffekt des Hydranten im Mittel	0,16	0,20	0,215	0,325	0,34	0,315	0,403
Anzahl der Ergiebigkeitsversuche, zus. 31	6	1	11	5	3	2	3

Ein weiterer Beleg für den Einfluß der Rohrlichtweiten auf die Ergiebigkeit der Hydranten ist in [17] aus den Mitteilungen des Feuerwehrkommandos der Stadt Heilbronn a. Neckar ersichtlich. Es wurden dort bei 30 Meter mittlerer Druckhöhe an verschiedenen Punkten der Stadt mittels geeichter Behälter Messungen vorgenommen, über deren Ergebnisse folgende Tabelle vorliegt. Gesamtzahl der Hydranten 300, Einwohnerzahl 24 446, auf 80 Einwohner 1 Hydrant.

Standpunkt des Versuchs-Hydranten in Heilbronn	Rohr-lichtweite mm	1 Hydrant liefert auf dem Hauptrohr befindlich mit 1 Standrohrausguß 400 Liter Wasser in Sekunden	pro Sekde.	mit 2 Standrohrausgüssen 800 Liter Wasser in Sekunden	pro Sekde.	Verhältnis der theoretischen Wassermenge bei 30 m Druckhöhe u. 56 mm Ventilöffnung zur wirklichen Wassermenge aus 2 Ausgüssen
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Sonnengasse	75	26	15,4	50	16	0,27
Steinweg	100	28	14,3	40	20	0,34
Sülmerstraße	250	22	18,3	34	23,5	0,40

Die Zahlen in Spalte 7 sind wie bei Spalte 12 der vorigen Zusammenstellung mittels Division der gemessenen Wassermengen bei zwei Ausgüssen durch die theoretische Wassermenge, welche bei einem Hydrantventil von 56 Millimeter Lichtweite unter 30 Meter Druck 59,5 Sekundenliter betragen würde, erhalten worden. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung mit den „Nutzeffekten" der Hydranten der Alb; man ersieht im allgemeinen, daß die Vergrößerung des Rohrdurchmessers für Hydrantleitungen über 150 Millimeter hinaus keinen erheblichen Wert hat, denn in obiger Tabelle haben die Albhydranten den gleichen Nutzeffekt, 0,40, wenn sie auf dem 150 Millimeter-Strang sitzen, wie die Heilbronner Hydranten auf dem 250 Millimeter-Strang. — In der Regel werden auch Einzelhydrantleitungen, welche von Hauptsträngen abzweigen, nicht über 100 Millimeter lichter Weite angelegt.

Genauere Berechnungen mit Rücksicht auf die Dimensionen der Rohrnetze, Lage der Reservoire etc. s. Abt. I, S. 789 ff.

Aus [17] ist eine Zusammenstellung zu entnehmen, welche über die Leistungsfähigkeit der in der Stadt Ulm a. d. Donau befindlichen Hydranten hinsichtlich der **Wurfweite** berichtet. Es wurden dort 94 Versuche angestellt, die zunächst den Zweck hatten, zu erheben, mit wieviel Wasserstrahlen gleichzeitig gespritzt werden kann, ohne den einzelnen Strahl zu sehr abzuschwächen. Die Versuche ergaben bei Anwendung von nur einem Strahl keinen belangreichen Unterschied trotz der verschiedenen Rohrdimensionen und betrug die Wurfweite durchschnittlich rund 29 Meter. Der höchste statische Druck ist 4,3 Atmosphären.

Bei Röhrenlagen von		Lichtweite erreichten				
Bei Röhrenlagen von	75 mm	Lichtweite erreichten	2 Strahle	20 Meter,	3 Strahle	17 Meter.
„ „ „	90 „	„ „	2 „	23 „	4 „	17 „
„ „ „	100 „	„ „	4 „	23 „	8 „	17 „
„ „ „	115 „	„ „	4 „	26 „	8 „	21 „
„ „ „	150 „	„ „	4 „	29 „	8 „	26 „
„ „ „	225 „	„ „	4 „	29 „	9 „	26 „
„ „ „	300 „	„ „	4 „	29 „	8 „	26 „

In dem Bericht über diese Versuche heißt es ferner: „Mehr als 4 Hydranten mit 8 Schläuchen bei einem Brande zu verwenden, wird der Entfernung wegen nicht tunlich sein (die mittlere Entfernung der Hydranten ist in Ulm 57 Meter); sollte aber an zwei Stellen der Stadt zugleich Feuer auskommen, so könnten wohl bis zu 6 Hydranten mit 12 Schläuchen verwendet werden." Gesamtzahl der Hydranten 235, Einwohnerzahl 32 772, auf 140 Einwohner 1 Hydrant. Aus obiger Zusammenstellung ist wie bei den Heilbronner Hydranten zu ersehen, daß von 150 Millimeter lichter Rohrweite aufwärts die Vergrößerung des Rohrdurchmessers auf die Leistungsfähigkeit der Hydranten ohne erheblichen Einfluß bleibt, selbst wenn mit 8 und 9 Strahlen gleichzeitig gespritzt wird. Über die Wassermengen sind in dem Berichte keine Angaben gemacht.

e) Erhöhung des Leitungsdruckes für Feuerlöschzwecke und direktes Ansaugen aus Leitungen durch Feuerspritzen.

1. Aus Amerika liegen nach [33] Berichte vor, wonach für Feuerlöschzwecke in New York, seinen Vororten und anderen amerikanischen Großstädten zur Zeit besondere Hochdruckwasserleitungen eingerichtet werden unter einem Druck von 9 bis 10 Atmosphären und mehr. Diese Einrichtung ist durch die schlechten Erfahrungen veranlaßt, die man bei den großen Bränden der letzten Jahre, besonders bei dem Brande des Geschäftsviertels in Baltimore gemacht hat, wo die gewöhnlichen Leitungen namentlich den 20- bis 30stöckigen, „Wolkenkratzer" genannten Häusern gegenüber versagten. Die Pumpwerke bieten in solchen Fällen nichts Besonderes; die Antriebmaschinen werden durch den Druck der Leitung geregelt; auf diese Weise wird der durch Lecke entstehende Leitungsverlust fortwährend ergänzt, und die Pumpmaschinen sind stets betriebsbereit. Von Interesse ist die für die besonderen Verhältnisse ausgebildete Muffenverbindung der Hochdruckleitungen. In New York z. B. ist, um der Röhrengießerei die Anfertigung von neuen Modellen zu ersparen, der Muffenwulst durch einen warm aufgezogenen Schrumpfring

verstärkt worden, vgl. Fig. 88, S. 94, Manchester Modell, um gegen das Aufspringen der Muffen beim Verstemmen gesichert zu sein. Die dortigen Rohre*) haben 612 Millimeter Lichtweite, 30 Millimeter Wandstärke, 14 Millimeter Bleidichtungsfuge, 127 Millimeter Muffentiefe, die Muffe hat 41 Millimeter Wandstärke, der Muffenwulst 57 × 76 Millimeter Querschnitt, der von außen durch den erwähnten schmiedeisernen Schrumpfring von 76 × 19 Millimeter verstärkt wird. Zum Dichten werden ein Hanfring und doppelter Bleieinguß verwendet, die Innenmuffe ist mit zwei eingegossenen vertieften Rillen versehen, die gegen das Herausschieben der Bleidichtung sichern. In Coney Island, dem Vergnügungsort vor New York, liegen 406 Millimeter weite Muffenrohre mit 25 Millimeter Wandstärke (deutsche Normalwandstärke 14,5 Millimeter). Dort machten die zahlreichen Schaubuden des ständigen Jahrmarktes eine Feuerlöscheinrichtung in großem Maßstabe nötig, und die Wasserverhältnisse zwangen dazu, im Brandfalle Seewasser zu verwenden. Des zerstörenden Einflusses des Seewassers wegen sind die Rohre besonders starkwandig ausgeführt und die Ringe zur Aufnahme des Bleies sind daher sowohl in die Muffe als in das Rohrende eingedreht. Im Ruhezustande sind übrigens die Leitungen mit Brunnenwasser gefüllt und erst im Betriebsfalle wird der Seewasserzufluß eingeschaltet.

2. Es wurde oben bei dem Überflurhydranten, Fig. 408, bereits erwähnt, daß bei mangelndem Druck in der Leitung die Feuerspritzen direkt aus der Leitung saugen, um das nötige Wasser herbeizuschaffen. Auf den ersten Blick erscheint ein solches Vorgehen im Interesse des Rohrnetzes nicht statthaft, und um hierüber Aufschluß zu erhalten, wurden in Stuttgart eigene Versuche veranstaltet, welche die Vorgänge im Rohrnetz und den Erfolg für die Wasserzubringung klarlegen sollten. Zu diesem Zwecke wurde die größte der vorhandenen Dampffeuerspritzen, bei welcher in Brandfällen die Wasserbeschaffung von 10 bis 12 Sekundenlitern am schwierigsten sich gezeigt hatte, an einen Hydranten (vgl. Fig. 380, S. 237) geführt, mit bekannter geringer Ergiebigkeit wegen seiner hohen Lage an einem langen Endstrang von 100 Millimeter Lichtweite. Der Saugschlauch der Spritze wurde durch eine Reduktionskupplung unmittelbar mit dem Standrohr des Hydranten dicht verbunden und zur Beobachtung des Leitungsdruckes ein Manometer am Standrohr angebracht. Der Ruhedruck stellte sich auf 2 Atmosphären ein. Bei Beginn des Spritzens sank der Druck bis auf 0,5 Atmosphären, bei langsamem Abstellen des Spritzenganges erhob sich der Druck ebenso langsam auf den vorherigen Ruhedruck und bei plötzlichem Abstellen, wie es in Brandfällen oder bei Spritzenproben in der Regel geschieht, war eine unbedeutende und nicht plötzlich auftretende Druckzunahme von 2 Atmosphären zu beobachten, so daß der Hydrant nach dem kurzen Stoß unter einem Druck von 4 Atmosphären stand. Die Erklärung dieses wider Erwarten günstigen Verhaltens der Leitung liegt in dem Vorhandensein eines, bei Dampfspritzen besonders üblichen, geräumigen Saugwindkessels, welcher Stöße in der Wasserzuführung nicht aufkommen läßt. Vgl. hierüber [21] und § 59: „Wasserkranen und hydraulische Aufzüge."

Weitere Erfahrungsresultate siehe [25], [26], und [28].

Literatur

über Hydranten und Feuerlöschwesen.

[1] Mauck, Absperrschieber und Feuerhahn für Wasserleitungen unter hohem Druck. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1872, S. 481. — [2] Über das Sprengen der Straßen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 16 (1873), S. 212. — [3] Hydranten für Straßen, Höfe und Gärten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 16 (1873), S. 153. — [4] Wasserständer (Wasserpfosten, Straßenbrunnen). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 17 (1874), S. 29. — [5] Löschvorrichtung für Theater. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 19 (1876), S. 69. — [6] Feuerlöschvorrichtung für Theater. Ebenda S. 104. — [7] Feuerlöschvorrichtung im Bühnenhaus des königlichen Hof- und Nationaltheaters zu München. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 19 (1876), S. 115. — [8] Über Hydranten und Sprenghähne. Deutsche allgem. polyt. Zeitg. 1877, S. 304. — [9] Eberhard, Die Feuerlöscheinrichtung im herzoglichen Hoftheater in Gotha. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 20 (1877), S. 233. — [10] Grosmann, Ratgeber im Feuerlöschwesen. Stuttgart 1877. — [11] Ebeling, Spritzenmundstück. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877, S. 37. — [12] Tölsch, A., Theaterbrände und die zur Verhütung derselben erforderlichen Schutzmaßregeln. Hamburg 1878. — [13] Greathead, On injector hydrants for fire extinction. Enging. 1879 — II, S. 80. — [14] Reese, Über Hydranten und Absperrhähne. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1879, S. 278. — [15] Grahn, E., Für London vorgeschlagenes Hydrantensystem. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 22 (1879), S. 664. — [16] Döhring, W., Handbuch des Feuerlösch- und Rettungswesens. Berlin 1881. — [17] v. Ehmann, Die öffentliche Wasserversorgung im Königreiche Württemberg. Stuttgart 1876 u. 1881. — [18] Bach, C., Mundstück mit regulierbarer Strahlstärke. Dingl. polyt. Journ.

*) Die entsprechenden deutschen Normalmuffendimensionen sind: 600 Millimeter Lichtweite, 17 Millimeter Wandstärke, 10,5 Millimeter Bleifuge, 120 Millimeter Muffentiefe, 24 Millimeter Muffenstärke, 41 × 41 Millimeter Muffenwulst.

Bd. 242 (1881), S. 170. — [19] Überflurhydrant, System Cramer. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 25 (1882), S. 261. — [20] Thometzek, Zur Wasserversorgung und Feuersicherheit der Theater. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 25 (1882), S. 627. — [21] Bach, Die Konstruktion der Feuerspritzen. Stuttgart 1883. — [22] Thometzek, Ventil für Feuerlöschapparate (in Theatern). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 26 (1883), S. 407. — [23] Kurtz, Über Feuerlöscheinrichtungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 51. — [24] Westphalen, Über Feuerlöschwesen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1894, S. 729. — [25] Ruoff, Über Erfahrungen mit Unterflurhydranten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 811. — [26] Experiments on various forms of fire hydrants. Eng. News 1899, S. 305. — [27] The Chapman rubber-seat post hydrant. Eng. Rec. April 1899, S. 403. — [28] Newcomb, Experiments on various types of fire hydrants. Trans. Am. Mech. Ing. 1899, S. 494. — [29] Hochdruckfeuerlöschleitung in Philadelphia und Brooklyn. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 529. — [30] Die Versorgung der Ortschaften mit Feuerlöschwasser. Der Wasser- u. Wegebau 1904, S. 73. — [31] Ein Vorschlag zu einer Hochdruckwasserleitung in Chicago (14 Atmosphären an den Hydranten). Eng. News 1904, S. 197, vgl. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 673. — [32] Entleerungsvorrichtung für Ober- und Unterflurhydranten. Ebenda 1905, S. 800. — [33] Amerikanische Hochdruckwasserleitungen für Feuerlöschzwecke. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1905, S. 1256. — [34] Eignen sich Oberflurhydranten für Landgemeinden. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 24 u. 79.

Deutsche Reichspatente
für Hydranten.

Nr. 1464. Schlauchwagen. Schulz. — Nr. 3727. Straßenhydrant. Reese. — Nr. 4040. Hydrant mit Ventileinrichtung zur Verhütung des Widderstoßes etc. Reese. — Nr. 4331. Pneumatischer Sprengwagen. Mengelberg. — Nr. 4501. Hydranten mit Ventileinrichtung zur Verhütung des Widderstoßes mit separaten Absperrvorrichtungen. Reese. — Nr. 4671. Sprengwagen mit Schlauchtrommel. Petersen. — Nr. 4962. Veränderung an Hydranten mit Ventileinrichtungen zur Vermeidung des Widderstoßes mit separater Absperrung. Reese. — Nr. 5060. Neuerungen an Hydranten. Bopp & Reuther. — Nr. 5083. Hydrant. Scheidemandel. — Nr. 5384. Brunnenständer für Hochdruckwasserleitungen. Monski. — Nr. 6397. Brunnenständer für Hochdruckwasserleitungen. Monski. — Nr. 7036. Straßenbrunnen mit Vorrichtung, das ausströmende Wasser vom Druck der Hauptleitung zu befreien. Aschemann. — Nr. 7520. Frostfreier Hydrant. Schnarr. — Nr. 7874. Hydrant. Reiman. — Nr. 8618. Entwässerungsvorrichtung an Hydranten. Bopp & Reuther. — Nr. 8910. Brunnenständer für Hochdruckwasserleitungen. Monski. — Nr. 9609. Hydranten mit Rückflußklappen, bei welchen der Verschluß von oben mittels einer durch den Hydrantdeckel gehenden Druckspindel bewirkt wird. Strube. — Nr. 9666. Luftdichter Verschluß der oberen Steigrohrleitung bei Hydranten, wenn derselbe nicht in Gebrauch ist. Hanssen. — Nr. 9933. Schlauchwagen. Willmann. — Nr. 10 674. Hydrant, stoßfrei, mit separater Absperrvorrichtung. Reese. — Nr. 12 507. Neuerungen an Hydranten mit selbsttätiger Entwässerung. v. Rollsche Eisenwerke. — Nr. 14 266. Frostfreier Hydrant. Reusch. — Nr. 15 183. Vorrichtung zum Verhindern der Wasservergeudung an Hydranten, Hähnen etc. Furney. — Nr. 16 210. Straßenbrunnen. Bopp & Reuther. — Nr. 16 799. Neuerungen an Hydranten (Injektor). Strube. — Nr. 17 630. Selbsttätig schließendes Straßenbrunnenventil. Jacob. — Nr. 22 007. Neuerungen an frostfreien Straßenbrunnen und Hydranten. Borum. — Nr. 24 514. Vorrichtung zum selbsttätigen Entleeren von Hydranten mit Strahlapparat im Innern der letzteren. Marienhütte Cainsdorf. — Nr. 25 156. Neuerungen an Hydranten. Bopp & Reuther. — Nr. 25 159 u. 25 160. Vorrichtung zum selbsttätigen Entleeren von Hydranten. Marienhütte Cainsdorf. — Nr. 27 761. Druckständer. Bopp & Reuther. — Nr. 28 472. Verschlußvorrichtung an Hydranten. Marienhütte Cainsdorf. — Nr. 29 808. Hydrant, dessen Ausgußrohr durch Wasserdruck über Straßenniveau gehoben wird. Reinicke. — Nr. 31 861. Hydrant. Raffour. — Nr. 31 894. Schachtbrunnenventil. Satter. — Nr. 32 056. Frostfreier Hydrant. Oesten. — Nr. 34 039. Vorrichtung zum selbsttätigen Entleeren von Hydranten. Reuther. — Nr. 35 358 u. 35 359. Hydrant. Boecking. — Nr. 35 726. Hydrant, Zusatzpat. zu 27 761. Reuther. — Nr. 35 886. Hydrantenabschlußventil. Berlin-Anhalt. Maschinenbau - Aktiengesellschaft. — Nr. 35 932. Hydrant mit Röhrenschieber. Scheid. — Nr. 36 349. Zusatzpat. zu 35 358. Hydrant. Boecking. — Nr. 36 576. Hydrant mit Schlauchtrommel. Moormann. — Nr. 39 160. Verschlußvorrichtung für Hydranten und Straßenbrunnen. Schmidt. — Nr. 39 751. Hydrantenstandrohr. Panse. — Nr. 43 663. Einrichtung an Hydranten zum Aufsetzen des Standrohres und Lagern der Spindel bezw. Spindelmutter. Wolck. — Nr. 44 325. Zusatzpat. zu 27 761. Hydrant. Reuther. — Nr. 47 080. Überflurhydrant, verbunden mit Straßenbrunnen. Forberg. — Nr. 49 993. Vorrichtung zum Öffnen eines mit Schlauchtrommel verbundenen Hydranten, der geöffnet wird, wenn der Mann den Schlauch fortzieht, also die Trommel dreht. Moormann. — Nr. 50 471. Ventilverschluß für Hydranten. Reuther. — Nr. 51 473. Einrichtung, um im Falle eines Brandes alle mit Feuerhahnen nicht versehenen Nebenleitungen einer

städtischen Wasserleitung selbsttätig zu schließen durch Anordnung von bei normalem Wasserdruck offenstehenden, bei erhöhtem Wasserdruck selbsttätig sich schließenden Hähnen in allen mit Hydranten nicht versehenen Nebenleitungen. Simin. — Nr. 51 791. Hydrant mit herausnehmbarem Ventil. Hilpert. — Nr. 51 947. Frostfreier Sicherheitshydrant, in dessen Innerem weder ein Betriebsmechanismus noch sonst etwas enthalten ist und aus welchem nach dem Gebrauch das Wasser herausgepumpt wird; der ganze Mechanismus besteht aus einem Schieber. Wienand. — Nr. 56 958. Überflurhydrant mit Straßenbrunnen. Forberg. — Nr. 57 728. Ausführungsform der durch Pat. 34 039 geschützten Vorrichtung zum selbsttätigen Entleeren der Hydranten. Rotten. — Nr. 60 068. Ventileinrichtung für Hydranten. Leiner. — Nr. 61 186. Hohler, durch eine drehbare Schraubenspindel beweglicher Abschlußschieber für Wasserpfosten (Hydranten). Breuer. — Nr. 64 604. Hydrant mit zwei Abschlußvorrichtungen. Otto. — Nr. 64 606. Hydrant mit zwei Abschlußvorrichtungen. Otto. — Nr. 66 503. Entwässerungshahn für Hydranten. Deutsche Wasserwerksgesellschaft. — Nr. 67 740. Hydrant mit herausnehmbarem Ventil. Blancke & Co., Merseburg. — Nr. 72 740. Schutzkappe für Hydranten. Wackernagel & Schmitz. — Nr. 75 179. Hydrant mit verstellbarem Entwässerungsventil. Butzke. — Nr. 78 005. Selbsttätige Feuerlöschvorrichtung. Hoffmann. — Nr. 81 866. Hydrant mit selbsttätiger, durch Schließen des Straßenkastendeckels erfolgender Entwässerung. Hilpert. — Nr. 84 211. Ventil für Wasserpfosten. Pichler. — Nr. 85 139. Hydrant mit ineinander verschiebbaren Steigröhren. v. Münstermann. — Nr. 87 993. Mit einem Überflurhydranten vereinigter Ventilbrunnen. Reuther. — Nr. 100 226. Hydrant. Kunz. — Nr. 101 787. Zum Ersatz eines vorhandenen Unterflurhydranten bestimmter Überflurhydrant. Bahrdt. — Nr. 109 126. Wasserpfosten. Kunz. — Nr. 110 084. Ventil für Wasserpfosten. Wasserleitungsbau-Aktiengesellschaft vormals Armaturenfabrik und Installationsgeschäft Hilpert. Nürnberg. — Nr. 110 754. Wasserpfosten mit selbsttätiger Entleerung durch einen Ejektor. Reuther. — Nr. 110 915. Entwässerungsvorrichtung für Ventilbrunnen. Behn. — Nr. 118 771. Ventil- und Hydrantbrunnen von Pörringer & Schindler. — Nr. 119 146. In einen Laternenständer eingebauter Hydrant. Kittelberger. — Nr. 136 908. Haltevorrichtung für Standrohre in Hydrantschächten. Müller. — Nr. 158 785. Wasserpfosten mit Bajonettrohr. Hilpert.

Deutsche Reichspatente
für Strahlröhren.

Nr. 10 159. Ventilverschluß an Strahlröhren. Liebtreu & Mack. — Nr. 11 641. Mundstück für Strahlrohre. Röver. — Nr. 12 907. Mundstück mit Ventilverschluß für Strahlrohre. Schlenter. — Nr. 13 495. Mundstück mit Ventilverschluß für Strahlrohre. Schlenter. — Nr. 13 761. Neuerungen an dem unter 11 641 patentierten Röverschen Mundstücke für Strahlrohre. Bergstein. — Nr. 14 873. Strahlrohrmundstück. Sorge. — Nr. 17 314. Schlauchrohrmundstück. Hönig. — Nr. 17 430. Universalstrahlrohr. Bungarten. — Nr. 20 385. Gartenspritzenmundstück. Koch. — Nr. 20 881. Strahlrohrmundstück für Feuerspritzen. Nowell. — Nr. 23 065. Strahlrohr. Lausitzer Maschinenfabrik. — Nr. 24 530. Universalstrahlrohr. Bungarten. — Nr. 25 182. Mundstück für Gartenschläuche. Jansen. — Nr. 26 270. Brausekopf mit veränderlicher Brausefläche. Kalle. — Nr. 27 758. Wasserzerstäubendes Mundstück. Gumton. — Nr. 29 688. Brausekopf mit veränderlicher Brausefläche. Kalle. — Nr. 29 798. Strahlrohr mit vollem Strahl oder Brause. Löfberg. — Nr. 33 829. Strahlrohrmundstück für Strahl und Brause. Deutsche Wasserwerksgesellschaft. — Nr. 39 571. Einrichtung zum Zerstäuben von Wasser. Lehner. — Nr. 41 549. Flüssigkeitszerstäuber. Bourdie. — Nr. 45 748. Zerstäuber. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 47 436. Neuerungen an Zerstäubungsmundstücken. Lutzner. — Nr. 48 340. Strahlrohr mit selbstschließendem Ventil, das beim Loslassen eines Handhebels sofort zufällt. Papperitz. — Nr. 52 232. Flüssigkeitsbrause. Fayod. — Nr. 53 310. Strahlrohr, bei welchem der volle Strahl dadurch zerstreut wird, daß durch Drehen eines Ringes Zungen in die Strahlöffnung treten. Pöplen. — Nr. 60 090. Strahlrohr, welches beim Abwärtsrichten des Strahles durch ein Kugelventil geschlossen wird. Müller. — Nr. 61 072. Strahlrohr. Enertsen & Jordt. — Nr. 66 129. Mehrfache Streudüse. Körting. — Nr. 68 497. Selbsttätig schließendes Schlauchventil. Palm. — Nr. 71 453. Flüssigkeitszerstäubungsdüse mit vollem Staubkegel. Berlin-Anhalt. Maschinenbaugesellschaft. — Nr. 74 301. Wasserzerstäubungsmundstück. Oehlmann. — Nr. 74 856. Durch inneren verschiebbaren Kegel verstellbares Strahlrohr. Stein. — Nr. 79 193. Schlauchventil. Stipperger (zu 68 497). — Nr. 80 799. Strahlrohr mit Luftzuführungsöffnungen. Colas. — Nr. 82 606. Schlauchmundstück. Oehl. — Nr. 82 763. Zusatz zu Nr. 77 102. Sich selbsttätig schließendes Ventil für Schläuche. Raab. — Nr. 88 262. Strahlrohr. Swift. — Nr. 94 376. Strahlrohrmundstück. Schmidt. — Nr. 96 350. Strahlrohrmundstück. Globe Nozzle Co. — Nr. 98 856. Schlauchmundstück mit Nebendüse für Rauch- und Wärmeschutz. Webster. — Nr. 100 228. Brause für großen Streuungskreis. Kallenberger. — Nr. 160 168. Strahlrohr mit einem im Rohr drehbaren Küken. Räppel.

§ 58. Freistehende Brunnen.

Zur öffentlichen Wasserentnahme werden an geeigneten Plätzen in den Städten und Dörfern besondere Brunnenständer aufgestellt oder Wandbrunnen errichtet, die teils ständig laufendes Wasser liefern, teils mit Ventilapparaten ausgerüstet sind, bei denen durch Zug oder Hebeldruck von Hand die Wasserabgabe ins Freie erfolgt. Ständig laufende Brunnen mit Wassermengen von 4 bis 12 Kubikmeter in 24 Stunden werden in der Regel da verwendet, wo eine ununterbrochene Zirkulation in den Rohrsträngen zur Verhütung von Stagnation und Einfrieren anders nicht zu erzielen ist, am meisten daher an den Enden langer Strecken, auch zur Entlüftung der Stränge an sogenannten „hohen Punkten" des Rohrnetzes. Ergießen ständig laufende Brunnen das Wasser in mehreren Strahlen, wovon eventuell die mit Nutzwasser oder Quellwasser (Trinkwasser) gespeisten durch Aufschriften voneinander unterschieden werden müssen, so wird, da derlei größere Brunnenanlagen in der Regel an verkehrsreichen Straßenplätzen aufgestellt sind, vielfach um die Brunnensäule ein Behälter (Trog) angeordnet, der zum Viehtränken, als Fischkasten und Waschbottich, überhaupt zu den verschiedensten Wasserentnahmen, z. B. auch als Vorratsbecken in Brandfällen dienen kann.

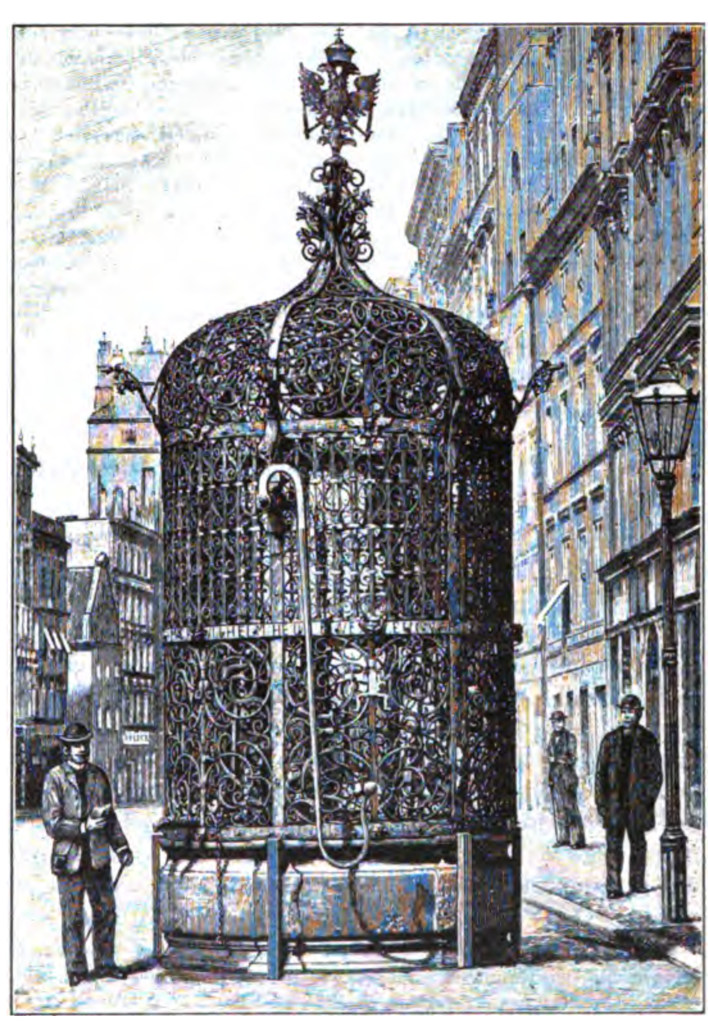


Fig. 419. Der schöne Brunnen in Neiße. (Gartenlaube 1895, Nr. 14.)

Eine Abart der ständig laufenden Brunnen bilden die Zierbrunnen, welche mehr dem Bedürfnisse nach monumentaler Ausschmückung eines bestimmten Platzes ihre Aufstellung verdanken. In weniger wasserreichen Orten liefern derlei Monumentalbrunnen nicht ständig Wasser, sondern nur periodisch an gewissen festlichen Tagen, oder zu gewissen Tageszeiten. Zu dieser Art periodischer Zierbrunnen gehören in der Regel auch die zur Bewässerung wie zur Ausschmückung von Gärten gleich wichtigen Springbrunnen, die Wasserkünste mit Sprudel und Kaskaden etc.

Mehr den häuslichen Bedürfnissen dienend und zu einer sparsameren Wasser-

abgabe eingerichtet sind die Ventilbrunnen. Es gibt Städte, die infolge Wassermangels sogar ihre wenigen ständig laufenden Trinkbrunnen in Ventilbrunnen umwandeln mußten. Durch die Ventileinrichtungen, deren Zahl und Konstruktionsverschiedenheiten sehr ansehnlich geworden sind, wird eine Beschränkung des Wasserverbrauchs insofern erzielt, als der Ventilbrunnen nur bei gewollter Entnahme Wasser abgibt. Ein Hauptvorteil dieser Brunnen ist die Lieferung eines größeren Wasserquantums in kurzer Zeit.

Auf dem Lande und ausnahmsweise auch in größeren Städten findet man als freistehende öffentliche Brunnen da und dort noch Schöpfbrunnen und Pumpbrunnen. Bezüglich der technischen Anordnung derselben verweisen wir auf Abt. I, S. 503 ff. Auch diese Anlagen lassen sich monumental gestalten.

Wir haben a. a. O. S. 502 das Bild des Aufbaues auf einen Schöpfbrunnen in Oberehnheim im Elsaß wiedergegeben. Ähnlich ist der Marktbrunnen in Hanau. Einen Pumpbrunnenaufbau, wie er in Neiße in Schlesien noch aus alten Zeiten stehen geblieben ist, zeigt Fig. 419 auf S. 263. Ein Meisterwerk altdeutscher Schmiedekunst ziert er in Nähe des Pfarrhofes in Neiße die Breslauerstraße. Das schmiedeiserne Gehäuse des großen Brunnens trägt auf dem mittleren Bandeisen rings um den sechsteiligen Mantel die Aufschrift: „AUS BELIEBEN EINES LÖBLICHEN MAGISTRATS MACHTE MICH WILHELM HELLWEG ZEUGWARTER A. 1686." Der Reichsadler über dem Zwiebeldach, die Kreuzblumen des Daches und die Engels- und Satyrköpfe des Mantels sind vergoldet. Die zur Wasserversorgung dienenden öffentlichen Pumpbrunnen werden jedoch in Städten überall abgeschafft, weil der Boden unter den Städten, in welchem das sie speisende Grundwasser verläuft, mehr und mehr verseucht, wodurch der Genuß des Wassers gesundheitsgefährlich wird.

Wir werden im folgenden auf öffentliche Pumpbrunnen nicht mehr zurückkommen, sondern nur die Ventilbrunnen, die ständig laufenden und die Zier- bezw. Springbrunnen eingehender behandeln.

A. Ventilbrunnen und Auslaufständer.

Die Ventilkonstruktionen müssen derart sein, daß das zugeleitete Wasser keinerlei Verunreinigungen erfährt, während es durch das Ventil und Auslaufrohr strömt. Vor dem Ventil schließt sich unmittelbar die Zuleitung an, die stets unter einem gewissen Druck steht und deshalb Unreinigkeiten durch Ansaugen von außen nicht eintreten läßt, es sei denn, daß beim Leerstehen einer Brunnenzuleitung durch undichte Stellen die Infektion erfolgt. Hinter dem Ventil jedoch ist der Brunnen mit allen bis zum Auslauf führenden Teilen vor dem Eindringen äußerer gelöster Substanzen (im Tagwasser oder Grundwasser) nicht sicher, wenn er nicht durch besondere Vorkehrungen gegen das Nachsaugen derselben geschützt wird. Daß man es bis zu einem hohen Grade des Schutzes gegen Grundwasserabsaugung wie gegen Zugang von Tagwasser, das beides gesundheitsschädliche Keime enthalten kann, gebracht hat und daß auch gegen Einfrieren alles versucht wurde, was diese Gefahr, soweit sie überhaupt abzuhalten ist, verhütet, kann aus den folgenden figürlichen und erklärenden Darstellungen entnommen werden.

In Fig. 420 ist ein zweiröhriger Auslaufständer mit Schachtanlage dargestellt, der in Städten mit getrenntem Rohrnetz für Trinkwasser und für Gebrauchswasser, speziell in Stuttgart, verwendet wird. Der durch den gußeisernen Schachtkasten *s* besteigbare Schacht enthält Zuleitung und Ventilkonstruktion; der gußeiserne Brunnenkasten steht auf einem Granitsockel. Die Ventile werden mittels Handhebels *g* bedient, der beim Niederdrücken ein Gestänge emporzieht, das bei *m* ein Ventil aufstößt. Der Auslauf *a* gießt zunächst in ein Becken *b*, das in eine Tränkschale *h* für Hunde, Vögel u. s. w. entwässert. Der Ventilapparat im Schacht ist in Fig. 422 besonders gezeichnet; er hatte bei den älteren Brunnen noch den Windkessel *W*, der sich jedoch meist mit Wasser füllte und deshalb als wirkungslos später in Wegfall kam. Bei *e e* sind Eishähne an dem Ventilkörper eingeschraubt, welche bei Frost eine gänzliche Entleerung des nach dem Auslauf *a* führenden Steigrohres in den Schacht ermöglichen. Der Schacht wird meist an das Kanalnetz mittels Siphons angeschlossen, um das Stehenbleiben des Abwassers von Becken und Tränkschalen zu vermeiden. In Stuttgart ist bei solchen Brunnen der durchschnittliche Tagesverbrauch für Quellwasser 3 Kubikmeter, für Nutzwasser 2,5 Kubikmeter.

Fig. 421 stellt einen einfachen Ventilbrunnen dar, wie er in Stuttgart für Trinkzwecke im Gebrauch ist; beachtenswert hierbei ist der Anschluß an das Rohrnetz, sowie die Entwässerung des Brunnenschachtes in die Kanalisation mittels dückerförmigen Auslasses (sogenannter Siphon).

Es soll ausdrücklich bemerkt werden, daß die Brunnenschächte der Fig. 420 u. 421 in Stuttgart regelmäßig revidiert werden, da Ansammlungen von Unrat einen üblen Einfluß auf das im Steigrohr aufsteigende Wasser haben würden, indem die Abschließung des Steigrohrs und Ventilkörpers durch den Stempel *3* der Fig. 422 gegenüber dem Schachtinneren durchaus nicht dicht ist.

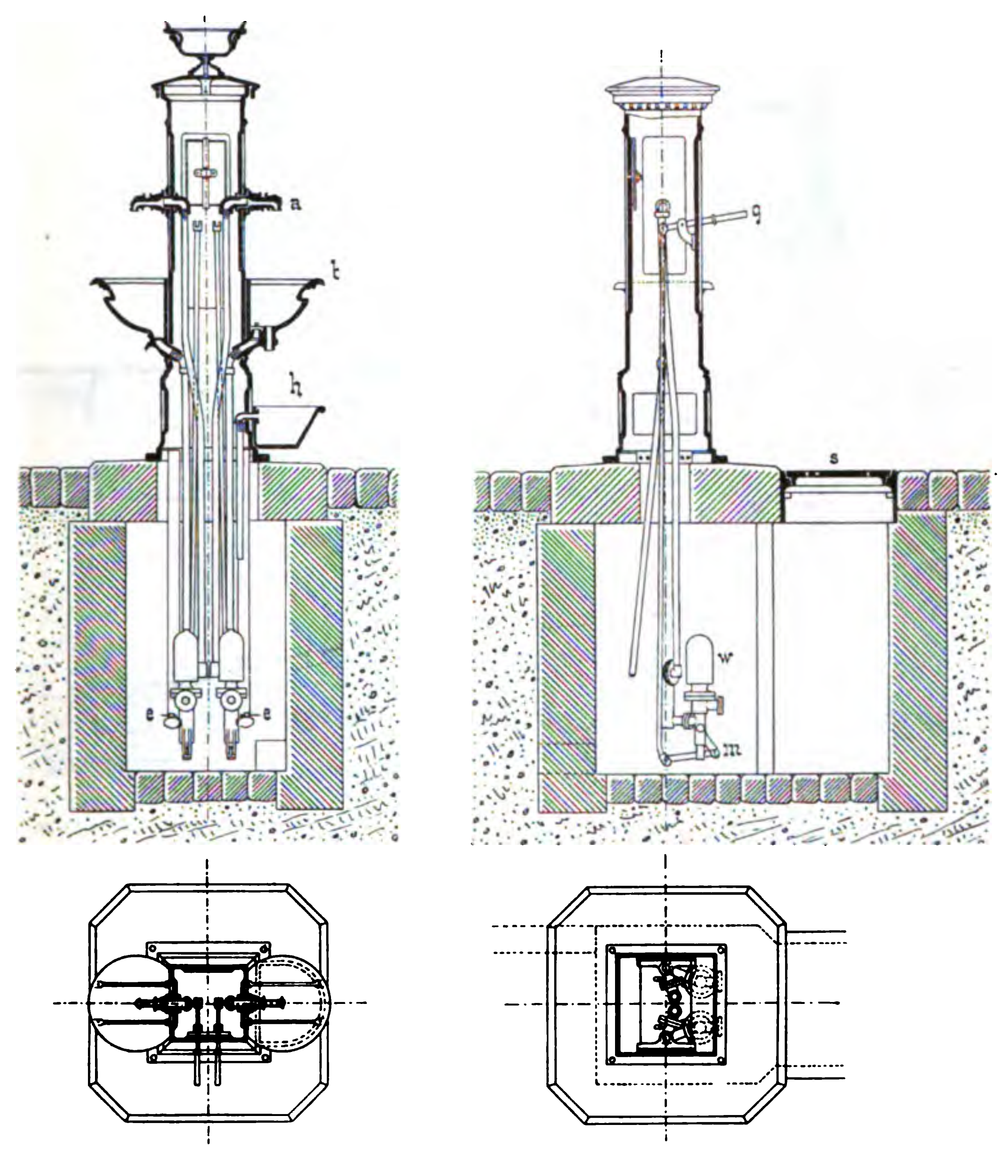


Fig. 420. Zweiröhriger Auslaufständer in Stuttgart. M = 1 : 40.

Fig. 422 zeigt das Ventil zu diesen Auslaufständern. Bei Aufwärtsbewegung des Gestänges *1* mittels eines am Brunnenständer hervorragenden Druckhebels wird durch den Hebel *2* ein in einer Führungsbüchse gleitender Stempel *3* nach oben geschoben, der das Ventil *4* an seiner unteren Spitze trifft und aufstößt. Das Aufstoßen vollzieht sich jedoch unter der Einwirkung einer Art Wasserbremse nur allmählich, da der Hartgummikolben *5* das in der Büchse *6* befindliche Wasser durch einen sehr engen Zwischenraum zwischen Kolbenumfang und der ihn umgebenden Wand verdrängen muß. Das Wasser fließt am Büchsenumfang unten durch sechs kleine Löcher in den Ventilkörper aus. Ist das Ventil *4*, *5* aufgestoßen, so kann das durch die Zuleitung links eintretende

Leitungswasser durch die Löcher der Büchse *6* und die Ventilöffnung hindurch nach dem Ausgang rechts gelangen, an welchen sich die Steigröhre innerhalb des Brunnenkastens anschließt, die zum Brunnenauslauf führt. Wird der Druckhebel am Brunnenstock plötzlich losgelassen (was durch spielende Kinder etc. häufig geschieht) so schnellt wohl der Hebel *2* infolge des eigenen Gewichtes mit dem Gestänge *1* und dem Stempel *3*, der zudem noch mit dem Gewicht einer 2,5 Meter hohen

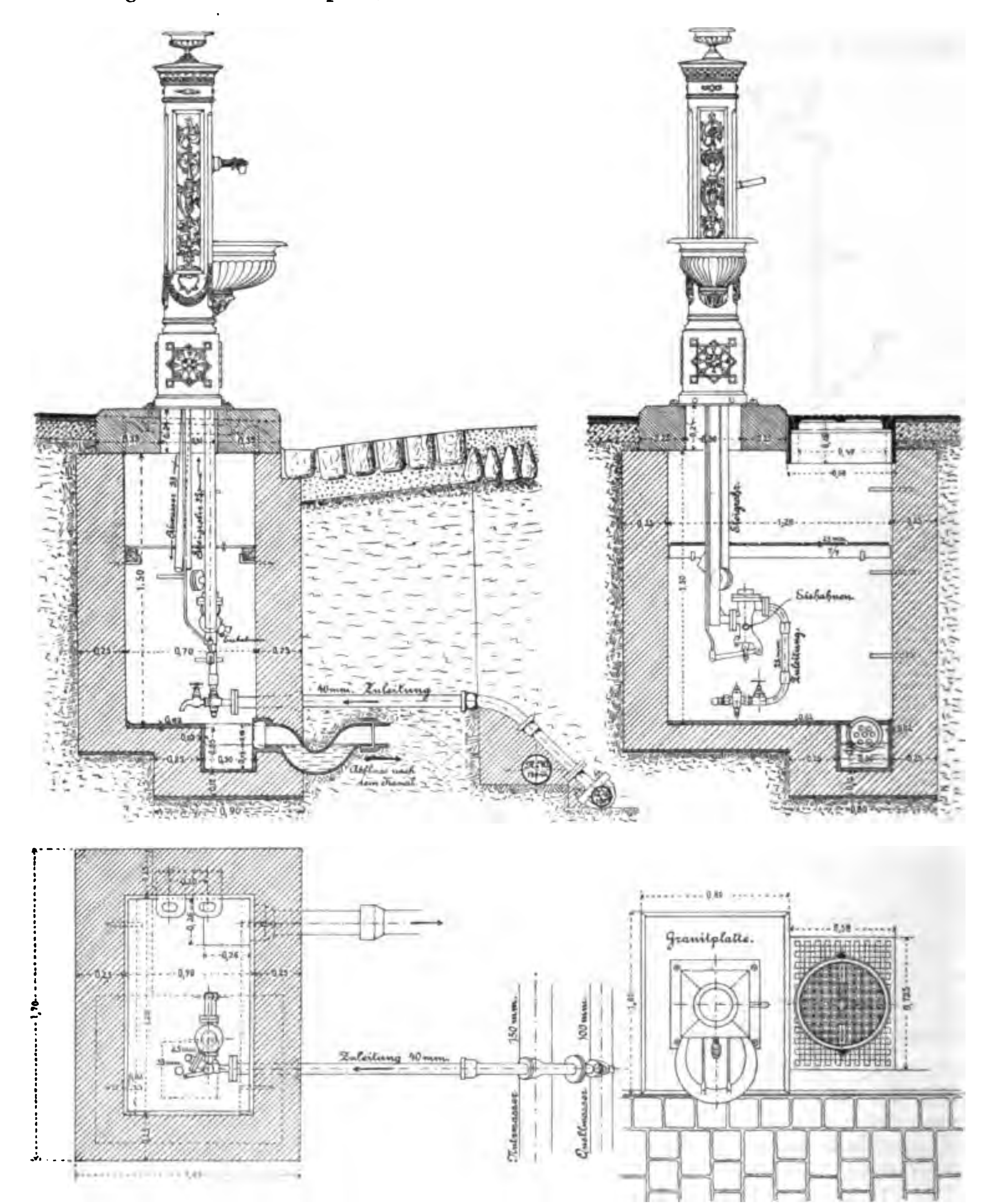


Fig. 421. Einfacher Ventilbrunnen in Stuttgart. M = 1 : 40.

Wassersäule im Steigrohr belastet ist, herab, das Ventil *4* kann jedoch wegen des Kolbens *5*, der beim Fallen oberhalb in Büchse *6* eine Luftverdünnung erzeugt, nicht sofort folgen. Erst wenn der nahezu luftleer gewordene Raum in *6* mit Wasser, das sich durch den Spielraum zwischen Kolbenumfang und Büchsenwand entgegen der Fallrichtung zwängen muß, angefüllt ist, erfolgt der Schluß des langsam sinkenden Ventils. Die Anordnung des Ventils mit dem Hartgummikolben wurde im Jahre 1897 an sämtlichen Stuttgarter Ventilbrunnen nach dem Vorbilde des stoßfrei schließenden

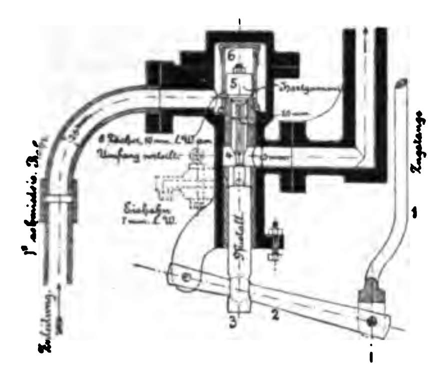


Fig. 422. Ventilapparat zu den Auslaufständern Fig. 420 u. 421. M = 1 : 20.

Auslaufhahns von C. B a c h (s. S. 200, Fig. 327) veranlaßt, da vordem infolge der häufigen widderartigen Wasserstöße manche Brunnenzuleitungen zerstört worden waren. Nach manometrischen Messungen treten bei dem Bachschen Ventil keine Stöße auf. Der aus Fig. 420 ersichtliche Windkessel *W* wurde überall durch eine Blindflansche ersetzt (vgl. Fig. 421), da er nicht nur infolge der Wirbel mit Wasser gefüllt als Windkessel keine Bedeutung mehr hat, sondern auch sein hoch gelegener Wasserinhalt Anlaß zu Frostschäden gab.

Fig. 423 zeigt einen Auslaufständer nach D e h n e (Halle). Dieser ohne Schachtanlage ausgeführte Ventilbrunnen gestattet die Herausnahme sämtlicher inneren Teile durch ein geräumiges Erdrohr. Im Ruhezustand liegt der Handhebel an der Säule und wird bei Benutzung des Brunnens ausgezogen. Hierdurch drückt das andere Ende des doppelarmigen Hebels im Inneren der Säule auf einen an Ketten aufgehängten gußeisernen Block, der durch Gegengewicht samt dem an ihm befestigten senkrechten Brunnengestänge nahezu ausgeglichen ist und mittels des Gestänges einen im unteren Rohrstiefel dicht geführten belederten Manschettenkolben abwärts schiebt. Während der Abwärtsbewegung des Kolbens wird zunächst das im Stiefel von der letzten Benutzung her verweilende Wasser durch das am Boden des Stiefels abzweigende Steigrohr emporgedrückt und zum Auslauf gebracht. Bei weiterem Abwärtsgang stößt der unterste Gestängekopf auf das mit Federdruck und durch das Leitungswasser belastete Brunnenventil, dieses nur allmählich öffnend, da die Bewegung des dichten Kolbens infolge der Manschettenreibung und des Wassergewichtes im Steigrohr nicht ohne Widerstand vor sich geht, und selbst bei großer Kraftanstrengung die Geschwindigkeit durch das Hebelverhältnis auf ¼ herabgemindert wird. Das Leitungswasser tritt unten rechts durch eine an der tiefsten Stelle mündende Zuleitung, die mittels besonderen Hahns auf die gewünschte Ausflußmenge offengehalten werden kann, und durch ein das Ventil umgebendes Schutzsieb ein. Unreinigkeiten bleiben auf dem Boden des Erdrohrs liegen und können bei Revisionen von oben mit Drahtlöffeln entfernt werden. Beim Loslassen des Hebels steigt der Manschettenkolben infolge geringeren Gewichtes und unter der Einwirkung des aus dem Steigrohr in den Stiefel zurücksinkenden Wassers langsam in die Höhe, das Wasser nach sich in den Stiefel hineinziehend und so den Brunnen im Winter vor dem Einfrieren schützend, während das langsam durch Federdruck nachschiebende Ventil stoßfrei schließt. Die Fig. 423 zeigt auch die Anlage eines Sinkkastens, der oben mit gußeisernem Rost abgedeckt, durch die in den Wasserspiegel eintauchende Zunge vor dem Austritt der Kanalgase geschützt ist, falls der Ausguß des Sinkkastens mit dem Kanalnetz verbunden wird.

Fig. 423. Auslaufständer Dehne in Halle.

Bei dem Ventilbrunnen (Fig. 424) ist das Gestängegewicht durch eine Spiralfeder ausbalanciert, die nebstdem eine sanftere Bewegung des Gestänges und des mit ihm verbundenen Ventilapparates bezweckt. Die Zuleitung zum Brunnenständer ist mit der normalen Rohrdeckung am tiefst gelegenen Punkte des Ventilapparates eingeführt und hat vor dem Anschluß einen Hahn mit Gestänge in einem Schutzrohr, das bis an den Fuß des Ständers reicht. Der Hahn kann sowohl zum Abstellen des Brunnens, wie auch als Kaliberhahn zur Entnahme ganz bestimmter Wassermengen pro Zeiteinheit benützt werden. Als Ventilapparate sind vier verschiedene in den Fig. 425 bis 428 gezeichnete Systeme anwendbar.

Beim Abwärtsgang des Kolbens *K*, Fig. 425, wird wie beim Dehneschen Brunnen zuerst das im Stiefel befindliche Wasser durch das Steigrohr *a* hinausgedrückt; hierauf öffnet der an der unteren

Verlängerung des Gestänges *g* in einem kleinen Zylinder dicht gleitende Kolben der Reihe nach von oben eine kleine Durchbohrung nach der anderen, die sich in der Zylinderwand befinden und den Zutritt des bei *z* zugeleiteten Wassers oberhalb des kleinen Kolbens und damit zum Steigrohr *a* und Brunnenauslauf vermitteln. Nach Loslassen des Brunnenschwengels preßt der Wasserdruck den kleinen Kolben wieder in die Höhe, indem er auf seinem Wege in umgekehrter Reihenfolge ein Loch um das andere verdeckt, bis er, oberhalb der Löcher angekommen, die Verbindung zwischen der Zuleitung und dem Steigrohr allmählich und ohne Stoß unterbricht. Das im Steigrohr befindliche Wasser wird auch hier wie beim Dehneschen Brunnen in den Stiefel durch den aufwärtsgehenden großen Kolben zurückgesaugt.

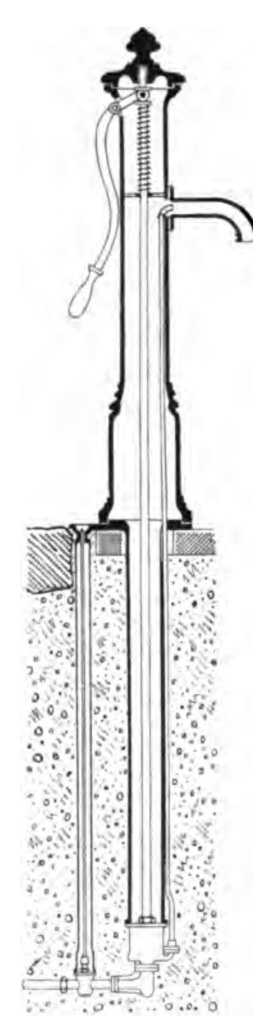


Fig. 424. Auslaufständer mit Federbelastung.

Fig. 426 zeigt einen Ventilapparat zu Fig. 424 mit Entwässerung. Beim Niederdrücken des Gestänges *g* mit Kolben öffnet sich das untere größere Ventil durch direktes Aufstoßen nach unten, sowie das im Kolben rechts sitzende kleine Ventil durch den Wasserdruck nach oben und das Zuleitungswasser kann in das Steigrohr *a* und über den Kolben eintreten. Gleichzeitig verdeckt der Kolben die kleine seitlich am Kolbenstiefel angebrachte Entleerungsöffnung *e*. Beim Aufwärtsgehen des Gestänges und des Kolbens schließt sich das kleine Ventil durch sein Gewicht und das oberhalb befindliche Wasser läuft durch eine kleine im Kolben links vorhandene Durchbohrung aus, um mit dem Wasser aus dem Steigrohr durch *e* seitlich sich zu entleeren. Das große Ventil wird durch Feder- und Wasserdruck geschlossen. Im Ventilapparat selbst bleibt Wasser nur bis an die Leerlauföffnung *e* stehen.

Fig. 427 stellt einen Ventilapparat zu Fig. 424 ohne Entwässerung dar. Beim Niedergang des Kolbens *K* wird durch Auftreffen des unteren Gestängeendes *g* das Ventil *V* nach unten geöffnet, um das von rechts zugeleitete Wasser in die bei *a* anschließende Steigröhre zum Brunnenauslauf zu führen und gleichzeitig durch die im Zylinderboden angebrachten Löcher unter dem Kolben *K* befindliches Wasser in das Steigrohr zu drücken. Beim Aufgang des Kolbens schließt sich das Ventil durch Feder- und Wasserdruck und der Kolben saugt aus der Steigröhre kommendes Wasser wieder in das Gehäuse, das bei der nächsten Benutzung des Brunnens abermals durch das Steigrohr nach dem Brunnenauslauf gedrückt wird.

Fig. 428 ist ein Ventilapparat mit Membran und Entwässerung. Durch Hebung des Gestänges *g* wird die zwischen zwei Flanschen eingespannte Membran (Leder oder Gummi) entlastet, so daß das von links kommende Wasser unter der Membran hindurch nach dem Steigrohr *a* strömt. Gleichzeitig wird bei *V* eine Entleerungsöffnung geschlossen, da ein kleines Ventil mit dem gehobenen Gestänge aufwärts an die untere Rohrwand gedrückt wird. Beim Ablassen des Gestänges preßt der Stempel *g* die Membran wieder dicht auf die Sitzöffnung, sperrt den Wasserzufluß ab und das Ventil *V* läßt im Steigrohr stehendes Wasser ganz abfließen.

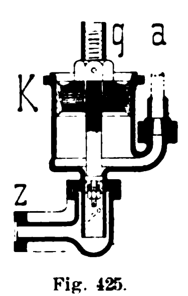


Fig. 425.

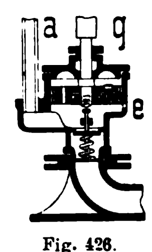


Fig. 426.

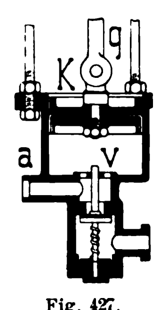


Fig. 427.

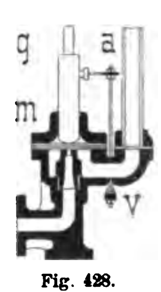


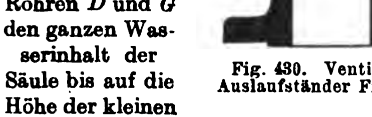
Fig. 428.

Fig. 425—428. Ventilapparate zu Auslaufständern nach Fig. 424.

Bei dem in Fig. 429 gezeichneten Auslaufständer von Bopp & Reuther (Mannheim) ist die Benutzung als Ventilbrunnen wie als Hydrant durch ein in Fig. 430 eingehender dargestelltes Ventil ermöglicht. Bei Benutzung als Brunnen wird der Handgriff *G* (Fig. 429) niedergedrückt,

wodurch unten im Ventilgehäuse ein kleines Ventil l geöffnet und Wasser in das Steigrohr r zum Auslaufen bei A gebracht wird. Das obere gekrümmte Ende des Steigrohrs ist mit einer Druckschraube d dicht in den Auslauf eingepreßt. Bei Benutzung als Hydrant wird nach Abnahme der Schutzhaube Z und Ausklinken des Handgriffs an dem oben herausragenden Vierkant wie bei einem gewöhnlichen Überflurhydranten gedreht, wodurch sich unten ein großes Ventil V öffnet, das dem Wasser Eintritt in das Erdrohr und in die Säule gestattet, die wie andere Hydrantsäulen mit den nötigen Schlauchgewindestutzen (in Fig. 429 nicht gezeigt) versehen ist. Die Höhe h von Terrain bis Mitte Auslauf beträgt rund 650 Millimeter, die ganze H Höhe des Ständers 1000 bis 1200 Millimeter, je nach Größe der Hydrantöffnung, welche 80 und 100 Millimeter Lichtweite erhält.

Fig. 430 zeigt das Ventil zum Hydrantbrunnen in größerem Maßstabe. Als Brunnenventil benutzt, wirkt der Hebelzug an dem Gußrohr g, in dessen unterem Ende ein Ejektor E mit kleinem Ventil l sitzt, auf Abheben dieses Ventils von seinem in dem untersten Ventil V mit Schlammsieb Sch eingebauten Sitz. Das von unten einströmende Wasser gelangt nach Passieren des Ventils l und Ejektors E in das innerste Steigrohr t und oben zum Brunnenauslauf. Als Hydrant wird das schmiedeiserne Rohr D beim Drehen des Vierkantes auf der Säulenspitze in die Höhe gezogen und hebt dadurch das große Ventil V von seinem in dem unteren Gehäuse eingelassenen Ventilsitz. Das Wasser erfüllt dann die Säule, das kleine Ventil l bleibt, weil das innere Steigrohr t und das Gußrohr g gegenseitig in Ruhe sind, geschlossen. Nach Benutzung des Hydranten wird das Brunnenventil wieder in Betrieb gesetzt und es saugt hierbei der Ejektor E durch seitliche Löcher in den Röhren D und G den ganzen Wasserinhalt der Säule bis auf die Höhe der kleinen Öffnungen bei $o\,o$ in frostfreier Tiefe leer.



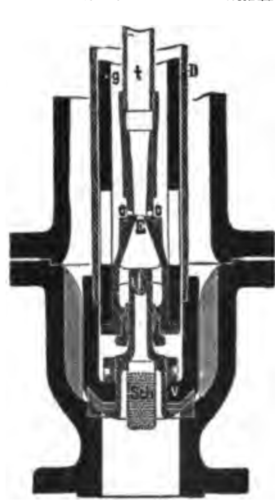


Fig. 430. Ventil zum Auslaufständer Fig. 429.

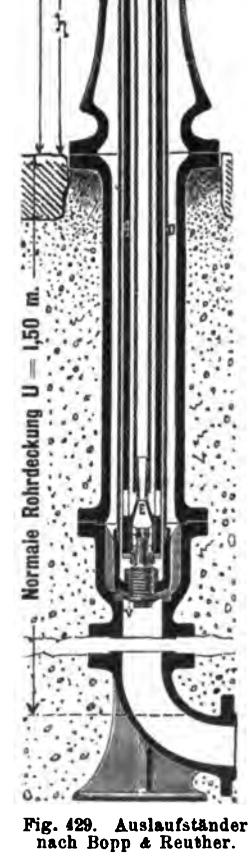


Fig. 429. Auslaufständer nach Bopp & Reuther.

Fig. 431. Auslaufständer Bopp & Reuther. Modell 1893.

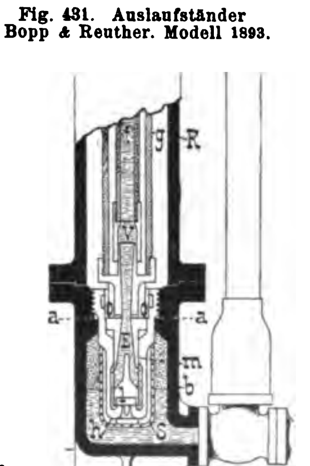


Fig. 432. Ventilapparat zu Auslaufständern Bopp & Reuther, Modell 1900.

Bei der Ausführung nach Fig. 431 (Ventilbrunnen Bopp & Reuther, Modell 1893) wird durch Niederdrücken des Hebels H im Innern der Brunnensäule B ein gußeisernes Rohr g gehoben, das ein unten im Ventilgehäuse b belegenes Ventil l von seinem im Fuß eingeschraubten Sitz h abhebt, indem sich der das Ventil l tragende Ejektor E über der Rohrhülse bei m und in dem Steigrohr t bei v innen verschiebt; das Wasser steigt in t empor und kommt bei A zum Auslauf; das Steigrohr ist an dem gekrümmten

Oberteil *r* mit der Druckschraube *d* fest in den Auslauf eingedichtet. Nach Loslassen des Hebels sinkt das Rohrgestänge *g* mit Ventil *l* nieder, sperrt den Wasserzufluß ab und das im Steigrohr befindliche Wasser tritt bei den Löchern *oo* in das Rohr *g* aus, von wo es bei der nächsten Benutzung des Brunnens durch den Ejektor wieder aufgesaugt und in das Steigrohr getrieben wird. Der kleine Rest Wasser unterhalb der Ejektorlöcher *o o* verbleibt im Rohre.

Nach Fig. 432, welche den Ventilbrunnenapparat Bopp & Reuther, Modell 1900, darstellt, ist in dem Brunnenfuß *b* der Sitz *h* für das Brunnenventil *l* eingeschraubt und taucht mit dem Sieb *S* in eine Art Windkessel unter das Wasser ein. Wird der Brunnen benutzt, so hebt sich Ventil *l* mit dem Ejektor *E*, der an dem Gestängerohr *g* in die Höhe gezogen wird, vom Sitze *h* ab, das Wasser tritt durch Sieb *S*, Ventil *l*, Ejektor *E* und Führung *v* in das Steigrohr *t* und gelangt oben zum Auslauf. Nach Ablassen des Gestänges sinkt mit ihm Ventil *l* wieder auf seinen Sitz *h* und schließt den Wasserzufluß ab. Im Steigrohr *t* befindliches Wasser fällt herab und durch die Ejektorlöcher *oo* in das Schachtrohr *R*, von wo es bei der nächsten Benutzung des Brunnens ganz ausgesaugt und durch den Auslauf befördert wird. Die Löcher *oo* sitzen auf der tiefsten Stelle des Schachtrohrs *aa* und somit verbleibt kein stagnierendes Wasser im Brunnenrohr.

Die durch D. R.-P. Nr. 118 771 geschützte Ventilanordnung von Pörringer & Schindler, Zweibrücken, Modell 1901, Fig. 433, bezweckt 1. die Fernhaltung von Grundwasser vom Brunnenrohr bei Undichtwerden der Flanschendichtung *g* zwischen dem Fußstück *W* und dem Erdrohr *E* mittels eines besonderen, im Fuß dicht eingeschraubten Schutzrohrs *r*, so

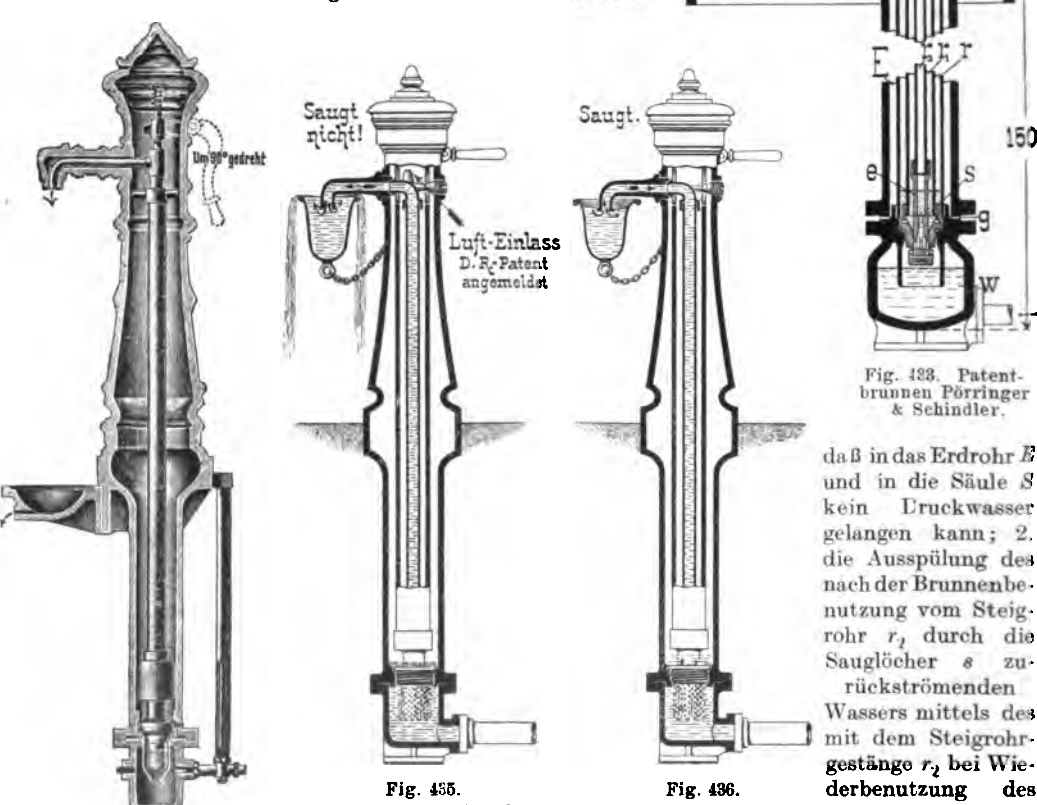


Fig. 433. Patentbrunnen Pörringer & Schindler.

Fig. 431. Sanitätsbrunnen von Breuer & Co.

Fig. 435. Fig. 436. Kaiserslauterner Brunnen mit ohne Lufteinlaß.

daß in das Erdrohr *E* und in die Säule *S* kein Druckwasser gelangen kann; 2. die Ausspülung des nach der Brunnenbenutzung vom Steigrohr r_1 durch die Sauglöcher *s* zurückströmenden Wassers mittels des mit dem Steigrohrgestänge r_2 bei Wiederbenutzung des Brunnens abwärts gehenden Ejektors *e*, der an seinem un-

teren Ende das nach unten öffnende Brunnenventil trägt. Das frische Wasser tritt unten durch das Ventil in den Ejektor *e* ein, dessen Sauglöcher *s* im Benutzungsfalle bis zur tiefsten Stelle des kegelförmigen Raumes oberhalb des Ventilsitzes durch den Handhebel und das als Gestänge dienende Steigrohr r_2 hinabgedrückt werden und hierdurch das Rohrsystem gänzlich vom früheren Wasser befreien. Das Rohr r_1 dient zum Herausziehen des Ventilapparates, der in den Fuß *W* mit Gummidichtung eingesetzt und oben durch Schrauben festgepreßt ist.

Fig. 434 zeigt den Sanitätsbrunnen von H. Breuer & Co. in Höchst a. M. Bei diesem durch D. R.-G.-M. Nr. 113088 geschützten Brunnen ist das Steigrohr von einem Schutzrohr umgeben, das durch die isolierende Luftschicht das Steigrohr vor Frost bewahren soll und in seinem untersten Teil eine kammerartige Erweiterung von Metall besitzt, in welche sich nach Benutzung des Brunnens das Steigrohrwasser entleert, um bei der nächsten Entnahme durch einen in der Kammer untergebrachten Ejektor ganz ausgesaugt und durch das Steigrohr wieder aus dem Brunnen befördert zu werden. In dem Brunnenfuß ist eine Windhaube angeordnet, welche die Leitungsstöße abschwächt; außerdem ist mit dem Ventil eine Wasserbremse verbunden, die ein sanftes stoßfreies Schließen bezweckt. Die Wasserentnahme wird mittels des Kaliberhahnes reguliert, dessen Gestänge mit einem Schutzrohr umgeben ist. Der ganze Ventilapparat läßt sich durch die mit dem Erdrohr aus einem Stück gegossene Säule herausziehen. Gegen Tagwasser ist der Brunnen hierdurch geschützt; die einzige Dichtung im Brunnenfuß liegt zwischen den Flanschen in einer Ringnute verdeckt. Gröbere Unreinigkeiten im Leitungswasser hält ein Seiher im Brunnenfuß zurück.

Die Fig. 435 u. 436 stellen den Ventilbrunnen vom Guß- und Armaturwerk Kaiserslautern dar.

Das Herabsinken der Wassersäule im Steigrohr hat bei Ventilbrunnen den Nachteil im Gefolge, daß an dem Auslauf eine Saugwirkung entsteht, wie in der Fig. 436 ersichtlich, wobei Mutwillen oder Spielerei eine Infizierung des Brunneninneren herbeiführen kann; der Inhalt eines untergehaltenen Bechers wird zurückgesaugt. Um diesem Übelstand abzuhelfen, hat die obengenannte Firma an ihren Ventilbrunnen auf dem höchsten Punkt des Steigrohrs ein empfindliches Lufteinlaßventil angebracht, das beim ersten Herabsinken der Wassersäule nach Abstellen des Brunnens sich nach innen öffnet und das Entstehen der Luftleere verhindert, s. Fig. 435. Es kann nun die Trennung der Wassersäule im obersten Punkte des Steigrohrs erfolgen, das Wasser im Steigrohr selbst sinkt ungehindert herab und das Auslaufrohr entleert sich, wie die Fig. 435 zeigt, nach außen. Damit dürfte in hygienischer Beziehung ein einwandfreier Ventilbrunnenbetrieb ermöglicht sein. Durch den Ejektor am Boden des Standrohrs ist auch dafür gesorgt, daß sämtliches im Standrohr verbliebene Wasser bei jedesmaliger Benutzung des Brunnens zuerst entleert wird, wie in den vorhergehenden Figuren erklärt wurde.

In Fig. 437 geben wir eine Zusammenstellung einiger Modelle von ausgeführten Brunnen für verschiedene Zwecke. Die Abb. 1, 2, 3 zeigen Hydrantbrunnen, welche beim Niederdrücken des Hebels die Wasserentnahme zu Gebrauchszwecken, nach Abnehmen der Kappe und Öffnen mittels besonderen Schlüssels zu Feuerlöschzwecken gestatten. Abb. 4 stellt einen laufenden Trinkbrunnen dar, der seitlich verschließbare Stutzen zum Füllen von Wasserfässern hat, Abb. 5, 6, 7, 8 zeigen Ventilbrunnen mit einem Strahl, sogenannte einfache Ventilbrunnen, Abb. 9 zeigt einen doppelten Ventilbrunnen, Abb. 10 einen doppelten laufenden Brunnen. Abb. 11 ist ein Wandbrunnen, die Abb. 12 u. 13 zeigen einfache Ventilbrunnen mit reicheren Ornamenten. In den Abb. 14 bis 18 sind sogenannte Sanitätsbrunnen, s. Fig. 434, dargestellt, bei welchen hauptsächlich angestrebt ist, jedes Eindringen von Tag- oder Grundwasser und das Stehenbleiben des in den Steigröhren enthaltenen Wassers tunlichst zu verhindern. Die detailierten Einrichtungen dieser hier gezeichneten Brunnen sind in der Hauptsache bei den früher vorgeführten Figuren der Ventilbrunnen näher beschrieben.

Eine eingehende Behandlung verschiedener Konstruktionen von Brunnenventilen findet sich in den Patentschriften D. R.-P. Nr. 5384, 6397, 7036, 8910, 16 120, 17 630, 22 007, 27 761, 31 894, 34 039, 35 726, 39 160, 44 325, 47 080, 56 958, 67 740, 75 179, 84 211, 87 993, 109 126, 110 084, 110 754, 118 771, worauf wir verweisen. Vgl. auch [1], [2], [3] und [39], sowie die Kataloge der verschiedenen Armaturenfabriken.

Alle im vorstehenden, in den verschiedenen Patentschriften, Fabrikprospekten u. s. w. dargestellten Ventilbrunnen müssen in der Wasserzuleitung reguliert und, sei es für Reparaturzwecke oder aus anderen Gründen, abgestellt werden können. Die Zuleitungen bedürfen deshalb ohne Ausnahme der entsprechenden Stellvorrichtungen. Da die Fabriken alle Dimensionen solcher Brunnen für normale Pressungen herstellen, ist es auch nötig, zur Vermeidung von Defekten etc. die Brunnen im Rohrnetze auf den Druck einzustellen, für welchen sie gebaut sind; es geschieht dies am besten durch Probieren, da in einem und demselben Rohrnetze die Wasserpressungen oft außerordentlich differieren. Im übrigen erfahren die Ventilbrunnen sehr oft die roheste Behandlung; jene Konstruktionen, bei welchen die Rücksicht auf diesen unvermeidlichen Übel-

stand am besten gewahrt ist, verdienen natürlich von vornherein den Vorzug vor empfindlicheren Einrichtungen. Wie nun im speziellen Falle die beste Wahl zu treffen ist, hängt außerdem noch von weiteren Nebenumständen ab, unter welchen die mehr oder weniger sorgfältige Betriebsüberwachung und nicht zuletzt die Wasserbeschaffenheit eine große Rolle spielen. Führt das Wasser

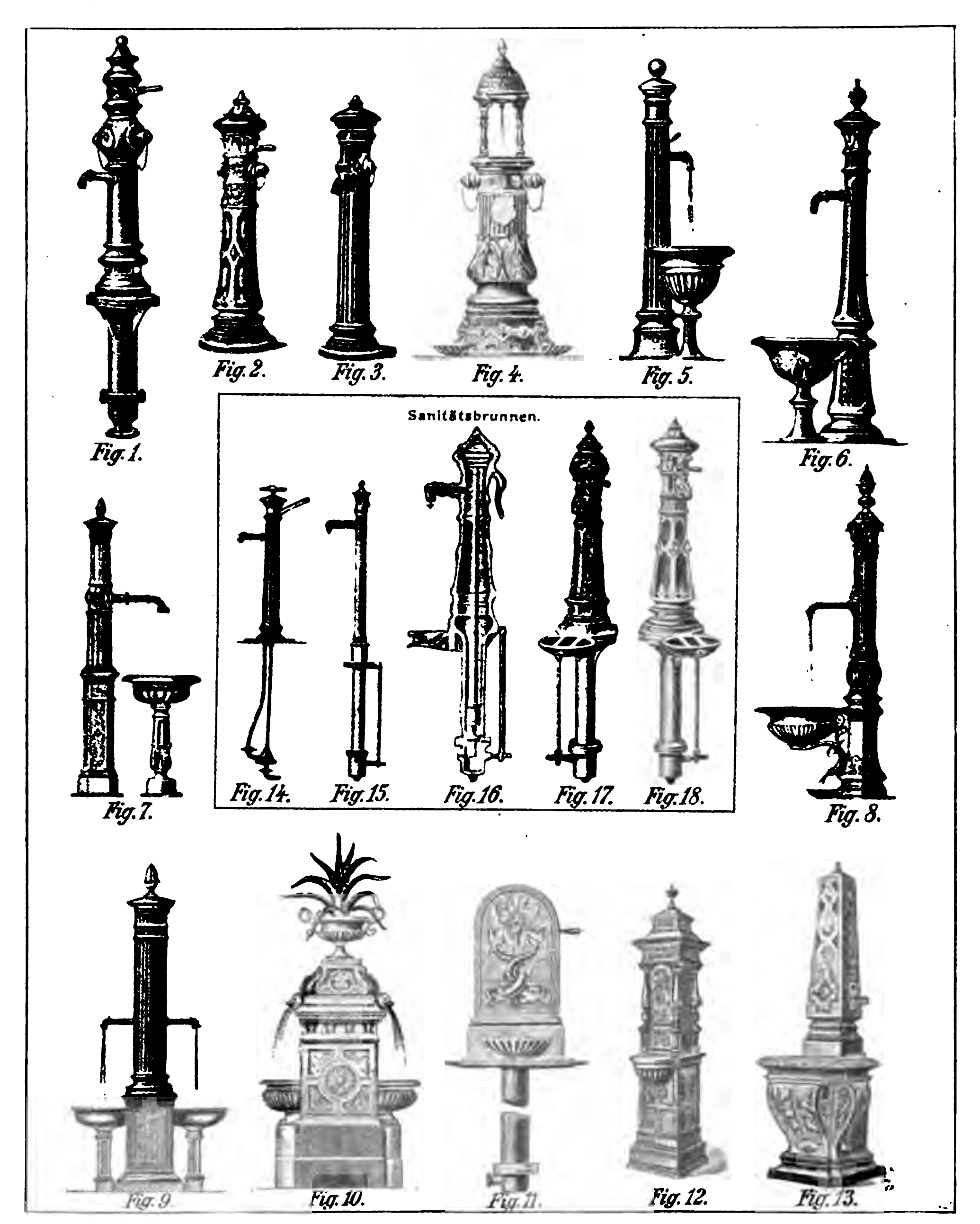


Fig. 437. Zusammenstellung ausgeführter Brunnen von H. Breuer & Co. in Höchst a. M.

Sand, Trübungen u. s. w., so wird man eingeschliffene Metallsitze für die Abschlüsse vermeiden, und Leder- oder Gummiverschlüsse bevorzugen. Niemals aber darf man sich der Hoffnung hingeben, daß es bei Ventilbrunnen, sie mögen noch so gut beschaffen sein, ohne Reparaturen abgeht; damit würde man Unmögliches verlangen. Die leichte Reparaturfähigkeit und insbesondere die Möglichkeit, defekte Teile rasch durch bereitgehaltene Reservestücke zu ersetzen, spielen also auch

eine große Rolle bei der Entscheidung über das zu wählende System. Alle diese Verhältnisse weisen darauf hin, mit der Anlage von freistehenden selbstschließenden Brunnen über die Grenze des dringend Notwendigen nirgends hinauszugehen.

Zu den Ventilbrunnen gehören auch die sogenannten Automaten mit warmem Wasser, wegen derer wir auf [4] verweisen. Ebenso sind Brunnen errichtet worden, welche das Wasser vor dem Ausströmen filtrieren [5].

B. Ständig laufende öffentliche Brunnen.

Besonders in früheren Zeiten, sehr häufig aber auch heute noch werden in den Städten und auf dem Lande die behufs Wasserversorgung zugeleiteten Quellen teilweise oder ausschließlich durch öffentliche ständig laufende Brunnen mit unentgeltlicher Wasserabgabe verteilt. Das Wasser wird an denselben in Gefäße (Kannen, Kübel, Butten etc.) gefüllt und mit diesen in die Häuser verbracht. An Stellen mit starkem Verbrauche sind derartige Brunnen mit mehreren Ausläufen (Röhren) versehen, von welchen, wie früher erwähnt, in der Regel jeder einzelne 4 bis 12 Kubikmeter Wasser während 24 Stunden in gleichmäßig fließendem Strahle liefert, je nach dem zur Verfügung stehenden Wasserreichtum. Die Brunnenauslaufröhren sind entweder an freistehenden Säulen oder an der Wand angeordnet; sie ergießen, wenn kein Gefäß untergehalten wird, gewöhnlich in einen mehr oder weniger großen Trog (vgl. Fig. 438), der zum Viehtränken etc. dient; vielfach strömt sodann das Überwasser in einen zweiten Trog zu Wasch- und Reinigungszwecken aller Art. Da und dort wird auch das sogenannte Abwasser an Gewerbetreibende zur Benutzung überlassen. Die ständig laufenden Brunnen haben den Vorzug, stets frisches Wasser zu liefern, das in seiner Temperatur von der Quellentemperatur nicht wesentlich abweicht und deshalb besser ist, als das in den Hausleitungen abgezapfte. Hauptsächlich dieser Eigenschaft wegen und dann überall dort, wo Quellwasser nicht in die Häuser geleitet, also Wasser von zweierlei Qualität verteilt wird, sind dieselben auch heute noch in Städten mit moderner Wasserversorgung in Verwendung. An die Auslaufröhren sind gewöhnlich Trinkbecher angekettet, um die Wasserentnahme für jedermann zum direkten Gebrauche zu ermöglichen. Die äußere Ausstattung wechselt von der einfachsten bis zur vollendet künstlerischen Ausführung. — In manchen Städten wird übrigens durch solche Brunnen nicht nur Trinkwasser, son-



Fig. 438. Brunnen am Wilhelmsplatz in Stuttgart.

dern auch Brauchwasser (vgl. Fig. 438) abgegeben, um jenem Teil der Bevölkerung, der in seinen Wohnungen keine besondere Wasserzuleitung besitzt, eine unentgeltliche Wasserversorgung zu ermöglichen.

Derartige Brunnen finden sich z. B. in Stuttgart. In Fig. 438 ist der Brunnen auf dem Wilhelmsplatz dargestellt. Dieser aus dem 15. Jahrhundert stammende Brunnen steht nunmehr auf seiner dritten Stelle. Bis 1766 stand er als Schloßbrunnen auf dem jetzigen Schillerplatz; in diesem Jahre wurde er von Herzog Karl der Stadt geschenkt, die ihn neben das Rathaus auf den Marktplatz stellte. Beim Neubau des jetzigen Rathauses mußte der Brunnen 1898 abermals versetzt werden, diesmal auf den Wilhelmsplatz, wo die Figur ihn zeigt. Sein Bassin ist ein regelmäßiges Sechzehneck, gebildet aus stumpf zusammengestoßenen und mit Laschen verschraubten, mit reichen Ornamenten, Jagdszenen, Wappen etc. verzierten gußeisernen Platten von innen ca. 2 Meter Tiefe, die im Jahre 1714 im Hüttenwerk Königsbronn erneuert wurden. Zwei dieser Platten tragen aufgegossen „1714 E L H Z W“ (Eberhard Ludwig Herzog zu Württemberg). Auf der steinernen Säule ist das Stuttgarter Stadtwappen zu sehen, eine Stute, die ihr Füllen säugt. Aus 8 Strahlröhren ergießt sich das Wasser in den Trog; hiervon ist 1 Strahl Quellwasser zum Trinken, 7 Strahlen sind Nutzwasser (filtriertes Neckarwasser). Die Qualität des Wassers ist durch Emailschrifttafeln am Piedestal der Säule über jedem Strahlrohr kenntlich gemacht. Der Brunnentrog wird nebenher zur Aufbewahrung von Fischkästen benutzt.

Eine große Anzahl hervorragend künstlerisch ausgestatteter öffentlicher ständig laufender Brunnen mit Trinkwasser finden sich in allen Gebirgsstädten Europas, in Klöstern, auf einzelnen Höfen, auch in Kirchen, die wir einzeln nicht vorführen können. Wir verweisen auf [6]. Sie bilden zum Teil den Übergang zu den sogenannten Zierbrunnen und monumentalen Springbrunnen, die wir unter C behandeln werden. Neuere Anlagen solcher Trinkwasserbrunnen, die in einfacherer Form auch von den Installationsgeschäften geliefert werden, sind die in Paris aufgestellten Wallace-Brunnen [7], die wir in Fig. 439 u. 440 dargestellt haben. Fig. 439 zeigt einen freistehenden derartigen Brunnen, dessen Variante in dem S. 272, Abb. 4 vorgeführten Hydrantbrunnen zu erkennen ist. Der Zulauf erfolgt durch eine der seitlichen Figuren, welche zu diesem Zwecke eine Durchbohrung der ganzen Länge nach haben muß, falls sie nicht von vornherein hohl ausgeführt ist. Im Oberteil sitzt mitten ein Mundstück mit möglichst glatter Innenfläche, um den Strahl geschlossen zu halten. Sir Richard Wallace, ein Engländer, stiftete in Paris, wo er erzogen wurde, aus dankbarer Erinnerung diese Brunnen für die Promenaden; sie liefern 4 Kubikmeter Wasser täglich, sind mit Trinkbechern versehen, aus Gußeisen in den mannigfaltigsten Formen ausgeführt und werden 150 Kilogramm schwer zum Preise von 150 Franken von dem Eisenwerk Val d'Osne angefertigt. In Deutschland wird ein ähnliches Brunnensystem von den Firmen Bopp & Reuther in Mannheim und H. Breuer in Höchst a. M. unter dem Namen „Promenadebrunnen“ hergestellt.

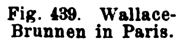



Fig. 439. Wallace-Brunnen in Paris.

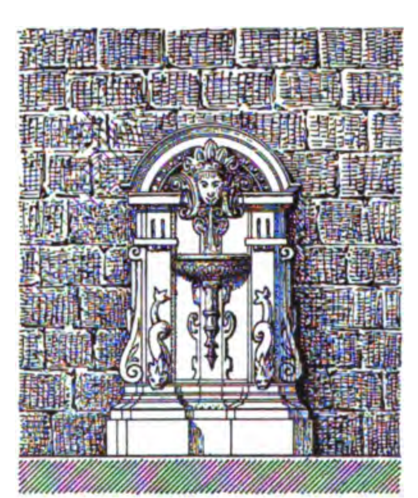


Fig. 440. Wandbrunnen von Wallace in Paris.

Fig. 440 zeigt einen Wandbrunnen System Wallace. Bei diesen Brunnen liegt die Zuleitung verdeckt in der Wand oder hinter der Wand. Ist letztere Anordnung frostsicher, so kann wohl auch die Wasserentnahme nach Belieben eingerichtet werden, durch Ventile oder Hähne.

Von den im folgenden aufgeführten Monumentalbrunnen und Springbrunnen ist ein Teil ebenfalls für die Wasserentnahme eingerichtet.

C. Monumentale Zierbrunnen und Springbrunnen.

Die monumentalen Zierbrunnen und Springbrunnen dienen im wesentlichen zum Schmucke öffentlicher Plätze, Gärten, Höfe etc. und bilden vielfach hervorragende

Kunstdenkmale durch die bauliche Anordnung; außerdem erzielen die aus denselben austretenden Wassermengen teilweise durch ihre wahre oder scheinbare Mächtigkeit, teilweise durch die schöne Form und die Höhe der springenden Strahlen große Wirkungen. Praktisch wird durch solche Brunnen auch eine besonders in heißen Klimaten angenehme Abkühlung und Feuchthaltung der Luft erzielt, zu welchem Zwecke sie z. B. schon durch die Römer und Griechen in den Vorräumen ihrer Wohnungen benutzt worden sind und heute noch im gleichen Sinn Verwendung finden. Hinsichtlich der architektonischen bezw. künstlerischen Ausgestaltung der Monumentalbrunnen gibt es selbstverständlich keine Regeln; hier schafft nur das individuelle künstlerische Empfinden. In technischer Hinsicht dagegen sind für die verschiedenen beabsichtigten Wirkungen des Wassers an solchen Brunnen ganz bestimmte Erfordernisse vorhanden, die wir hier in erster Linie besprechen müssen.

Bei allen derartigen Anlagen muß jeder einzelne Wasserstrahl seine besondere, regulierbare Zuleitung haben, wenn eine richtig abgemessene Gesamtwirkung erzielt werden will, und es soll in diesen Zuleitungen womöglich die Wassergeschwindigkeit kleiner als 1 Meter/Sekunde gehalten werden.

Die an den Brunnen austretenden Wasserstrahlen werden durch den verfügbaren hydraulischen Druck und die vorhandene Wassermenge, sowie durch das Mundstück, dem sie entströmen, und dessen Neigung gegen den Horizont beeinflußt; die Strahlen können voll oder hohl, rund, flach oder zerstäubt, auch als Sprudel, je nach Anordnung und Lage des betreffenden Mundstückes, erzeugt werden. Die Technik gestattet hier, den Wünschen des Künstlers in ausgedehntem Maße entgegenzukommen, soweit die Hauptsachen: ausreichende Wassermenge und große Druckhöhe vorhanden sind. Die durch Neigung des Mundstückes erzeugten parabolischen Strahlen werden sehr häufig kombiniert mit einem aus der Mitte des Springbrunnenbassins senkrecht aufsteigenden Vollstrahl oder einem Wassersprudel u. s. w. Bei allen solchen Dispositionen ist indessen meistens noch eine wirtschaftliche Aufgabe zu lösen, welche auf tunlichste Herabminderung der Betriebskosten gerichtet ist und in der Regel darauf hinauskommt, die beabsichtigte künstlerische Wirkung mit dem Minimum an Wassermenge zu erreichen. Wie bedeutend die von großen Springbrunnen verbrauchten Wassermengen sind, ist aus Abt. I, S. 594 zu ersehen; diese Anlagen gehören alle zweifellos überall dort zu den kostspieligsten Luxusobjekten, wo die Beschaffung der erforderlichen Wassermengen nicht ohne weiteres sich ermöglichen läßt.

Die Mundstücke, welche an solchen Springbrunnen verwendet werden und das Ende der einzelnen Zuleitungen bilden, sollen als wichtiges technisches Detail hier zuerst zur Besprechung gelangen.

Bei Vollstrahlen, welche aus einem beliebig gestalteten Mündungsquerschnitt austreten, ist zu unterscheiden, ob der Ausguß in freie Luft oder unter Wasser sich vollzieht. Im ersteren Falle ist — sofern man vorläufig die erforderliche Wassermenge als unter allen Umständen vorhanden voraussetzt — die Höhe des Strahles abhängig von der Gestalt und der Querschnittsfläche der Mündungsöffnung sowie von der Größe des hydraulischen Druckes vor dieser Öffnung. Auf Kosten der Steighöhe des in freier Luft austretenden Vollstrahls kann eine große Wassermenge vorgetäuscht werden, wenn ein Teil der durch den hydraulischen Druck und die dem Mundstück von der Leitung her zufließende Wassermenge möglichen Arbeit dazu verwendet wird, um mit Hilfe von Strahlapparaten — auf die wir zurückkommen werden — aus Behältern (den Bassins der Springbrunnen) Wasser nachzureißen und mit in die Höhe zu werfen. Ein solcher Vollstrahl erscheint dann wasserreicher, springt aber weniger hoch. Befindet sich das Mundstück tiefer als der Wasserspiegel des Springbrunnenbehälters, so ent-

steht ein aufsteigender Sprudel, indem in solchem Falle ebenfalls ein mehr oder weniger großer Teil des im Behälter ruhenden Wassers auf Kosten der Steighöhe mitgerissen wird. Besondere Apparate sind dabei entbehrlich.

In ähnlicher Weise kann durch Hohlstrahlen das Vorhandensein einer großen Wassermenge wirksam vorgetäuscht werden, wovon später.

a) Der frei in die Luft oder unter Wasser austretende Vollstrahl. Bei einem senkrecht aufsteigenden vollen Wasserstrahl ist die Länge des Mundstücks zwar nicht ganz ohne Einfluß auf die Steighöhe, doch ist der Einfluß ziemlich belanglos, wie aus nachstehender, aus [8] entnommener mit Hilfe der Weisbachschen Koeffizienten hergestellter Tabelle hervorgeht.

Nr. des Mundstücks	Beschaffenheit des Mundstücks bei 10 mm Durchmesser der äußeren Öffnung	Dimensionen des 10 mm-Mundstücks		Verhältnis der Steighöhe des Strahls bei vor dem Mundstück gemessener Druckhöhe von		
		Durchmess. der inneren Öffnung mm	ganze Länge des Mundstücks mm	5 m	10 m	15 m
	1	2	3	4	5	6
1.	Mündung in dünner Wand	Mündung nach außen erweitert	0	0,983	0,853	0,766
2.	Kurzes ausgerundetes Mundstück	ca. 30	20	0,950	0,887	0,801
3.	Kurzes konisches Mundstück	20	40	0,942	0,886	0,824
4.	Langes konisches Mundstück	38	145	0,936	0,881	0,804
5.	Zylindrisches Mundstück ohne innere Abrundung	—	50	gleichbleib. bei Druckhöhen von 0,58—2,58 m	0,683	—
6.	desgl. mit innerer Abrundung	—	50		0,939	—
7.	" " " "	—	150	bei 10 m	0,718	—
8.	Quadratische Mündung in dünner Wand	Seitenlänge 7,8	0	bei 10 m	0,772	—

Betrachtet man die Kolonnen 4, 5 u. 6 (Zeile 1 bis 4), so finden sich Unterschiede in dem Verhältnis der Sprunghöhe zur Druckhöhe von 0,3—2,8—3,8 Prozent. Sie liegen also noch innerhalb der Genauigkeitsgrenze, welche für Versuche dieser Art maßgebend sein dürfte. Beim Mundstück 1 ist nicht nur die Platte, durch welche der Versuchstrahl sprang, sehr dünn, also von der praktischen Länge 0 gewesen, sondern die konische Erweiterung der Öffnung ging nach außen, statt nach innen. Das Mundstück 4 hingegen war das gerade Gegenteil von dem vorigen, es hatte bei der 14,5fachen Länge der Mündung eine Form, welche im gleichen Verhältnis z. B. bei einem 30 Millimeter-Mundstück die unhandliche Länge von 435 Millimeter ergeben würde. Wenn also die Sprunghöhen bei solch grundverschiedenen Längen der Mundstücke nur um wenige Prozent differieren, kann von einem belangreichen Einfluß der Form auf die Strahlhöhe nicht wohl die Rede sein.

Die Verhältniszahlen bei den zylindrischen Mundstücken 5 und 6 sind leider nicht direkt mit den vorhergehenden zu vergleichen, da sie bei sehr niederen Druckhöhen gewonnen wurden; der Vergleich zwischen den beiden Mundstücken selbst bestätigt das schon bei den Mundstücken 1 u. 2 bemerkbare Ansteigen des Verhältnisses der Steighöhe zur Druckhöhe infolge der inneren Abrundung. Eine größere Differenz zeigt jedoch in Kolonne 5 das 150 Millimeter lange zylindrische Mundstück 7; sie beträgt gegen Mundstück 1 schon 13,5 Prozent; gegen Mundstück 4, mit welchem Mundstück 7 direkt vergleichbar ist, weil bei gleicher Druckhöhe nahezu gleiche Länge des Mundstückes vorliegt, ist die Differenz 16,3 Prozent. Es zeigt sich hier der Einfluß der Reibung des Wasserstrahles an der zylindrischen Wand, welche die Druckhöhe herabsetzt. Bei dem konischen Mundstück 4 bewegen sich die Wasserfäden, die durch die 10 Millimeter weite Öffnung geschlossen austreten, innerhalb eines von der Eintrittstelle an sich stetig verjüngenden Mantels von Wasser. Die Reibung des 10 Millimeter starken, nach rückwärts in das konische Mundstück hinein zylindrisch verlängert gedachten Strahles, an dem ihn umgebenden Wassermantel ist eben kleiner, als die Reibung des gleich starken zylindrischen Strahls an der ihn noch fest umschließenden zylindrischen Metallwandung des Mundstückes 7. Daher rührt auch der geringe Unterschied in den Zahlen betreffend die vier ersten Mundstücke. Das zylindrische Mundstück 7 aber ist hier weiter nichts als ein Stück Rohrleitung, das mit großer Geschwindigkeit vom Wasserstrahl durchflossen wird und demgemäß den Druckverlust veranlaßt.

Betrachtet man nunmehr die Zahlen der Tabelle in horizontaler Richtung, so zeigen sich mit Zunahme der Druckhöhen, die sämtlich unterhalb des Mundstücks gemessen zu denken sind,

schon viel bedeutendere Abnahmen in dem Verhältnis der Steighöhen zu den Druckhöhen; je größer der Druck, desto kleiner ist die relative Strahlhöhe. Eine nähere Darlegung des Vorganges beim Durchfließen und nach dem Verlassen des Mundstückes wird die Erscheinung leicht aufklären lassen. Zunächst sei auf die theoretischen Geschwindigkeiten, die den einzelnen Druckhöhen entsprechen, hingewiesen; sie betragen bei 5, 10 und 15 Meter Druckhöhe bezw. 9,90, 14,00 und 17,15 Meter in der Sekunde, d. h. sie verhalten sich wie 1 : 1,41 : 1,73. Die Verhältniszahlen der drei letzten Kolonnen für Mundstück 1 nehmen dagegen in nicht ganz demselben Maße ab, nämlich wie: 0,933, 0,853, 0,766 oder im Verhältnis wie 1,22 : 1,12 : 1. Die Verhältniszahlen für die Mundstücke 2, 3 und 4 sind nur um weniges von denen für Mundstück 1 verschieden. Wäre die Strahlgeschwindigkeit v der einzige Faktor in der Bewegungsgröße Mv (Produkt der bewegten Wassermasse M und deren Geschwindigkeit v), so würde die verhältnismäßige Abnahme der Steighöhe gleichen Schritt halten müssen mit der Zunahme der Geschwindigkeit, denn diese ist die nächste Ursache der Bewegungswiderstände des Strahles. Allein der zweite Faktor, die Masse M, ist es, welcher die Ungleichmäßigkeit in der Abnahme erzeugt. Durchströmt der Strahl das Mundstück, so reiben sich die einzelnen Wasserfäden, vom Strahlmittelpunkt nach dem Umfang zu betrachtet, gegenseitig ungleich. Die größte Reibung findet an der metallischen Wand des Mundstücks statt. Die Folge hiervon ist, da Reibung stets als Bewegungshindernis auftritt, ein Zurückbleiben der Umfangsfäden gegenüber den an ihnen zunächst vorübereilenden; es entsteht zwischen diesen beiden Ringen von Fäden eine Geschwindigkeitsdifferenz, die wiederum Reibung in dem zweiten Ring und sein Zurückbleiben gegen den dritten Fadenring erzeugt, wenn auch nicht von der Größe wie bei den vorigen Ringen, da es sich schon um verringerte Geschwindigkeiten und gegenüber den Umfangsfäden nicht mehr um Reibung zwischen Wasser und Metall, sondern zwischen Wasser und Wasser handelt. Die Folge dieser sich bis zum innersten Kern erstreckenden Reibungshindernisse ist ein Verschieben der einzelnen Ringfäden zueinander in der Art, daß der Kernfaden um ein gewisses Maß dem ihn zunächst umgebenden Fadenring vorauseilt, dieser wieder dem zweiten und so fort; die Geschwindigkeitsgröße in Form eines zylindrischen Ringes aufgetragen gedacht, müßte eine teleskopähnliche Figur ergeben, deren Objektiv in der Eintrittsebene des Mundstücks und deren Okular in der Austrittsebene desselben liegt.

Beim Verlassen des Mundstücks ändert der Strahl seine Umgebung; statt von der umschließenden Metallwand des Mundstücks ist er von Luft eingehüllt. Die Reibung seiner Umfangsfäden wird an der Luft weitaus kleiner, als sie am Metall gewesen; die Geschwindigkeitsdifferenzen der einzelnen Ringe analog dem Obigen bestehen zwar noch, sind aber ebenfalls geringer als innerhalb des Mundstücks; die teleskopähnliche Figur der aufgetragen gedachten Geschwindigkeitsgrößen ergäbe ein gedrungeneres Bild gegen früher. Nichtsdestoweniger bleibt das Vorauseilen des inneren Strahlkerns bestehen und dieses ist die Ursache, daß bald nach dem Verlassen des Mundstücks der Strahl durch den vorauseilenden Kern auseinandergetrieben wird, wodurch die ohnehin langsameren Umfangsfäden aus der senkrechten Richtung nach außen abgedrängt, der Schwere wieder anheimfallen, die ihre Umkehr in Richtung dieser Kraft einleitet und Veranlassung gibt, daß die abwärts fallenden den aufwärts steigenden Fäden neue Hindernisse bereiten, so den Prozeß der Auflösung des Strahls beschleunigend, der dann nicht mehr die frühere Masse M bis zur Spitze der Steighöhe bringt, sondern nur noch einzelne dem ursprünglichen Kern entstammende Tropfen. Daß der Strahl mit der Steighöhe an Dicke ebenfalls zunimmt, ist eine Folge der sich verringernden Geschwindigkeit.



Fig. 441. Springbrunnen im Schloßgarten in Stuttgart.

An Fig. 441 ist letztere Erscheinung besonders deutlich zu erkennen. Der 80 Millimeter dicke Vollstrahl erhebt sich ca. 30 Meter hoch in der Mitte eines 100 × 60 Meter ovalen Sees und verbraucht in der Sekunde 100 Liter filtriertes Neckarwasser (s. Abt. I, S. 594), das von einem

besonderen staatlichen Wasserwerk in Berg geliefert wird. Die Sprungzeit ist auf täglich 2 Stunden beschränkt, in der Regel vormittags von 8—9 und nachmittags von 2—3 Uhr. Bei windigem Wetter erreichen leichte Sprühregen nahezu die Langseiten des Sees.

Während, wie oben erwähnt, die Länge des Mundstücks und die Form des Längenschnittes auf die Steighöhe nur einen relativ geringen Einfluß hat, solange letztere innerhalb der konischen Begrenzungslinien bleibt, ändert die Querschnittsform des Mundstücks das Verhältnis der Steighöhe zur Druckhöhe wesentlich ab. Weisbach hat auch hier durch den Versuch bestätigt, was aus dem oben Gesagten durch Überlegung hervorgeht, daß eine Abweichung des Strahlquerschnitts von der Kreisform nachteilig einwirkt; die quadratische Öffnung bei Mundstück 8 mit der Mündungsweite von 7,8 Millimeter Seitenlänge ergab nach der Tabelle (S. 276) eine um 8,1 Prozent geringere Steighöhe als die Mündung von gleich großem Umfang bei kreisrunder Öffnung mit 10 Millimeter lichter Weite; beide Öffnungen lagen in dünner Wand. Es äußert sich hier die relativ zum Querschnitt größere Umfangslänge der äußersten Wasserfäden beim Quadrat gegen die Umfangslänge beim Kreis; das Verhältnis ist $u : F = 1{,}00 : 0{,}78$. Der Unterschied beider Verhältnisse ist 22 Prozent. Die Umfänge beider Strahlen in der Mündungsebene sind nahezu gleich groß. Die Fläche der quadratischen Öffnung mißt jedoch nur 60,84 Quadratmillimeter gegenüber der kreisrunden Öffnung mit 78,54 Quadratmillimeter. Denkt man sich die einzelnen Ringfäden aus beiden Mündungen von je 1 Quadratmillimeter Querschnittsfläche, wobei also der Kernfaden 1 Quadratmillimeter Fläche bei 1,13 Millimeter Durchmesser hat,

der nächste Ringfaden mit dem Kernfaden 2 qmm bei 1,60 mm äußerem Durchmesser
„ 3. Ringfaden mit den 2 vorherigen 3 „ „ 1,96 mm „ „
„ 4. „ „ „ 3 „ 4 „ „ 2,26 mm „ „
„ 5. „ „ „ 4 „ 5 „ „ 2,53 mm „ „
„ 6. „ „ „ 5 „ 6 „ „ 2,77 mm „ „

und so fort bis zum äußersten an der Metallwand streifenden Ringfaden, so ist klar, daß bei der quadratischen Mündung, abgesehen von dem allmählichen Übergang von der Kreisringform zur viereckigen Hohlform, der äußerste Faden der 60,84. ist, während bei der kreisrunden Mündung der äußerste Faden der 78,54. wird. Es liegt also der Kernfaden bei dem Strahl aus quadratischer Mündung um rund 18 Ringfäden näher an der Metallwand als derjenige aus zylindrischer Mündung, hat daher unter dem Einfluß der Reibung, die von der Wand herrührt, wie von den der Wand naheliegenden mit ungleicher Geschwindigkeit aneinander sich vorbeibewegenden Ringfäden mehr Verzögerung zu erleiden als der Kernfaden beim kreisrunden Strahl, bei welchem die am meisten auf Verzögerung einwirkenden Umstände um 18 Fäden weiter entfernt liegen. Unter der Annahme, daß die Beschaffenheit der beiden Mündungen bezüglich ihrer Glätte die gleiche gewesen sei und bei der gleich großen Umfangslänge der äußersten Wasserringfäden ist durch den Versuch bewiesen, daß das Verhältnis des Umfangs zur Fläche des Strahls von weit wichtigerem Einfluß auf die Steighöhe wird als die Form des Mundstücks hinsichtlich ihres Längsdurchschnitts.

Die Weisbachschen Versuche und vorstehende Betrachtungen zeigen den Weg, auf welchem die größtmögliche Steighöhe erreicht werden kann. Es ist dies einfach — gleichbleibende Druckhöhe vor dem Mundstück vorausgesetzt — die Vergrößerung des Mundstückdurchmessers. Denn obwohl mit dem Durchmesser auch der „reibende" Umfang des Mundstücks wächst, so wächst mit ihm die unter dieser Reibung leidende Querschnittsfläche um vieles mehr, so daß das Verhältnis des Umfanges zur Fläche mit wachsendem Durchmesser immer kleiner wird. Bei einer Mundstückweite von 1 Millimeter ist der Umfang $u = 3{,}14$ Millimeter, die Fläche $F = 0{,}7854$ Quadratmillimeter, das Verhältnis $u : F = 4$; bei 10 Millimeter $u = 31{,}4$ Millimeter, $F = 78{,}54$ Quadratmillimeter, $u : F = 0{,}4$; bei 100 Millimeter $u = 314{,}2$ Millimeter, $F = 7854{,}0$ Quadratmillimeter, $u : F = 0{,}04$. In der Tat haben die Weisbachschen Versuche auch gezeigt, daß aus der Abnahme des Verhältnisses vom Umfange zum Strahlquerschnitt sich folgern läßt, daß größere Mundstücke bei gleicher Druckhöhe auch größere Steighöhen ergeben. Andere Versuche haben dies bestätigt. Für Mündungen in dünner Wand entnehmen wir der „Hütte" zunächst nachstehende Zahlen:

Mündungsdurchmesser	Verhältnis der Steighöhe zur Druckhöhe		
	bei 5 m	10 m	15 m Druckhöhe
4,0 mm	0,884	—	—
7,1 mm	0,925	0,818	0,703
10,0 mm	0,933	0,853	0,766
14,1 mm	0,949	0,879	0,798
25,5 mm	0,990	0,969	0,939

Auf Grund seiner Versuche hat **Weisbach** folgende Formel zur Berechnung der Steighöhen s für Vollstrahlen aufgestellt (alle Maße in Meter):

$$s = \frac{h}{\alpha + \beta h + \gamma h^2}, \text{ oder } s = \frac{1}{\frac{\alpha}{h} + \beta + \gamma h}.$$

Hierin ist h die Druckhöhe, gemessen vor der Mündung nach Abzug der Widerstandshöhe bis zum Eintritt in das Mundstück, α, β, γ sind für jedes Mundstück und jede Druckhöhe verschiedene Koeffizienten. Die in Abt. I, S. 120 angegebene Formel enthält nur einen von der Mundstückweite d abhängigen Koeffizienten φ und lautet (alle Maße in Meter):

$$s = \frac{h}{1 + \varphi h} \text{ oder } s = \frac{1}{\frac{1}{h} + \varphi} \text{ mit } \varphi = \frac{0{,}00025}{d + 1000\, d^3}.$$

Die **Weisbach**sche Formel hat einen Konstitutionsfehler, denn sie ergibt für $h = \infty$ den Wert von $s = 0$; nach unserer Formel erhält man für $h = \infty$ den Wert von $s = \frac{1}{\varphi}$, d. h. das Resultat, daß bei jeder Mundstücksweite ein Grenzwert für die Strahlhöhe besteht, ganz einerlei auf welche Druckhöhe auch die Pressung vor dem Mundstücke gesteigert wird.

Der Höhe eines springenden Vollstrahls sind in der Tat enge Grenzen gezogen. So steigen z. B. die Strahlen aus 10 Millimeter weiten Mundstücken an der Wasserleitung in Baden-Baden vor der protestantischen Kirche, an welcher Stelle 10 Atmosphären Druck im Rohrnetze sind, nur ganz unmerklich höher als vor dem Rathause, woselbst der Druck kaum noch die Hälfte beträgt. Bei einem provisorischen Springbrunnen, der zur Eröffnungsfeier des Stuttgarter Neckarwasserwerks 1882 an eine 550 Millimeter Hauptleitung mit 300 Millimeter Abzweig in der unteren Neckarstraße hergestellt wurde, stiegen die Strahlen bei rund 61 Meter Ruhedruck aus einem 80 Millimeter weiten Mundstück nur 46,5 Meter hoch, aus einem 48 Millimeter weiten 45,6 Meter hoch. Die hierbei verbrauchten Wassermengen waren sehr bedeutend, im ersten Falle rund 200 Liter in der Sekunde, im zweiten Falle 61 Liter. Eine ähnliche Gelegenheit bot sich bei Eröffnung der Stuttgarter Feuerbacherheide-Wasserversorgung 1896. Dort wurden am Herdweg mit einem 24 Millimeter Mundstück 18 Sekundenliter bei 108 Meter Ruhedruck nur rund 40 Meter hoch emporgeworfen. Man hatte eine viel beträchtlichere Höhe erwartet. Wohl hörte man das stürmische Sausen des mit etwa 46 Meter Geschwindigkeit aus dem Mundstück in die Luft getriebenen Strahles; allein eben seine Sturmeseile bereitete ihm ein frühes Ende. Das Losreißen einzelner Wasserfäden und die Auflösung des ganzen Strahls konnte mit freiem Auge beobachtet werden, während die höchsten Wassertropfen nur im Fernrohr des Theodoliten, mit dem die Steighöhe gemessen wurde, zu sehen waren. Überhaupt sind in jenen Entfernungen, auf welche der Beschauer notwendigerweise auch bei größter Windstille gezwungen ist sich zurückzuziehen, um nicht durch den Sprühregen des herabstürzenden Wassers belästigt zu werden, die größten Steighöhen einzelner Wassertropfen nicht mehr bemerkbar.

Den besten Eindruck ruft der Anblick eines voluminösen, geschlossen bis zu einer Höhe von nicht über 35 Meter emporstrebenden Wasserstrahls hervor, nach deren Erreichung er förmlich in sich selbst zusammenfällt; sind die Wassermengen dann derartig groß, daß sie durch ihr Rauschen die Wucht der bewegten Wassermassen zur Empfindung bringen, so ist die Wirkung umso gewaltiger.

Die Konstruktion der Mundstücke für **Vollstrahlen** ist in der Regel die in Fig. 442 dargestellte, einerlei, ob der Strahl senkrecht aufsteigt oder im Bogen geworfen wird; sie müssen auf eine Strecke $h = 1{,}5 \cdot d$ bis $2{,}0 \cdot d$ rein zylindrisch sein und sich gegen das Zuflußrohr trompetenartig erweitern. Sie werden entweder in sogenannte Sprungplatten eingeschraubt, besonders, wenn sie Bogenstrahlen werfen sollen, oder bilden die Verlängerung konischer Röhren. Ein Beispiel beider Anordnungen zeigt die Skizze Fig. 443, in welcher der Sprungstock des großen Springbrunnens im Schloßgarten von Karlsruhe i. B. dargestellt ist (vgl. auch [9]). Für die bedeutende Wassermenge ist die untere große Rohrweite als Bogen ausgeführt, über dem sich ein T-Stück mit besonders eingesetztem konischen Rohr befindet, das die Zuführung des Wassers zu dem eigentlichen Springbrunnenstrahl bildet. Dieses konische Rohr verjüngt sich oben bis zu einem Durchmesser, der das Aufsetzen des Strahlmundstücks direkt gestattet. Das T-Stück ist oben mit Flanschendeckel abgeschlossen, in welchen rings um die Mundstücköffnung schräg nach außen gerichtete Löcher gebohrt sind, die die Wasserstrahlen in Form einer

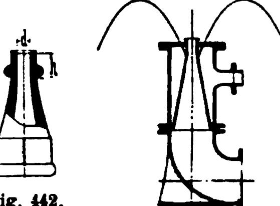


Fig. 442. Mundstück für Vollstrahlen.

Fig. 443. Sprungstock im Schloßgarten in Karlsruhe.

Garbe austreten lassen. Die Zuleitung für diese Garbenstrahlen wird durch den kleinen Abzweig bewirkt und kann mittels besonderen Absperrschiebers der Zufluß geregelt oder abgeschlossen werden, so daß der Strahl in der Mitte allein springt.

Vollstrahlen und zerstäubte Wasserstrahlen mit Wassernachsaugung aus dem Springbrunnenbassin. Vermehrung des ausgeworfenen Wassers bei Springbrunnen ist *durch Tieferlegung des Mundstücks unter den Wasserspiegel des Springbrunnenbassins* zu erzielen. Ein Beispiel größerer Ausführung nach [10] zeigt Fig. 444. Das Mundstück, eine Strahldüse einfachster Form, wurde von der Firma Schäffer & Walcker in Berlin für die neue Springbrunnenanlage des Stadtparks zu Köln geliefert und besteht aus einer vom Zuleitungsdurchmesser 250 Millimeter sich bis zur Mündungsweite von 40 Millimeter verjüngenden konischen Röhre, deren letztes Stück in Bronze ausgeführt und von einem bronzenen 130 Millimeter weiten Stiefelrohr umgeben ist. Die Mündung liegt 250 Millimeter unter dem Wasserspiegel und es sind in einer 80 Millimeter breiten Zone um die Mündungsebene durch das Stiefelrohr kleine Öffnungen von 10 Millimeter Durchmesser gebohrt, welche dem Wasser des umgebenden Sees den Zutritt in das Innere des Stiefels und damit zum Strahl gestatten, der es mit seiner 6 Atmosphären Druck entsprechenden Energie in die Höhe reißt. Über das Stiefelrohr ist noch ein Mantelrohr gesteckt, das sich auf dem ersteren auf- und abschrauben läßt und womit man in der Lage ist, den Effekt des Springbrunnens in beliebiger Weise zu ändern. Wird das Mantelrohr ganz herabgeschraubt, so verdeckt es die Löcher im Stiefel gegen die Wasserseite hin, es kann somit kein Seewasser zum Strahl gelangen; dieser steigt dann mit 40 Millimeter Stärke in ansehliche Höhe empor. Schraubt man das Mantelrohr ganz herauf, so daß alle Löcher im Stiefel gegen den See offen sind, so wird die größte mögliche Seewassermenge mit dem Strahl emporgerissen. Schraubt man es etwa in die Mitte, so daß ein Teil der Stiefellöcher gegen den See, ein Teil gegen das mit der Luft kommunizierende Mantelinnere offen sind, so wird nicht nur Wasser, sondern auch Luft mit eingesaugt und in die Höhe getrieben, wodurch ein eigenartiger milchweißer voluminöser Strahl entsteht. Die Kölner Springbrunnenanlage ist in der Hinsicht noch bemerkenswert, als zu ihrem Betrieb und zur Bewässerung der umgebenden Parkanlagen ein eigenes Pumpstationsgebäude mit in den Rheinkiesuntergrund getriebenen Saugbrunnen (ähnlich der Fig. 237 in Abt. I, S. 536) errichtet wurde, auf dem das Gebäude seinen Platz fand. In dem Schachtbrunnen ist die Pumpenanlage untergebracht, welche ohne in ein Reservoir zu fördern, sowohl die Bewässerungsgräben als auch den Springbrunnen, je abwechselnd, mittels einer elektrisch betriebenen Hochdruckkreiselpumpe speist.

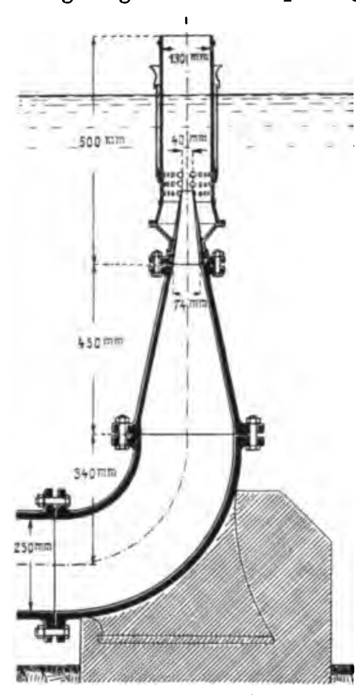


Fig. 444. Strahldüse im Stadtpark in Köln.

Bei Anwendung von Strahlapparaten sollen diese möglichst tief in das Bassin gelegt werden, damit sie stets reichlich von Wasser umgeben sind. Durch Nachsaugen von Luft kann auch auf die Farbe des austretenden Wassers eingewirkt werden; der Strahl wird in diesem Falle schön weiß gefärbt. Die A.G. Gebr. Körting in Hannover hat derartige Einrichtungen zu einer großen Vollkommenheit und ungeahnten Ausdehnung in der Verwendung gebracht. Die Einrichtung des Strahl-


Fig. 445. Springbrunnen mit sogen. Wassersparer.


Fig. 446. Wassersparer zu Springbrunnen.

apparats selbst ist in Fig. 382, S. 238 bei den Hydranten gezeigt worden und besteht darin, daß der aus einer engen konischen Düse mit großer Geschwindigkeit austretende Wasserstrahl das ihn umgebende Wasser, das durch eine einzelne oder eine Reihe ineinander geschobener weiterer Düsen dem Strahl ringsum zugeführt wird, mitreißt und dem Gemisch die genügende Geschwindigkeit erteilt, mit welcher es zum Austritt gelangt. In der Fig. 445 ist die Anordnung eines in liegender Stellung in die Zuleitung zu einem Springbrunnen eingeschalteten Strahlapparats, „Wassersparer" genannt, gezeigt. *E* stellt den kleinen, billigen und keiner Wartung bedürfenden Apparat, der in Fig. 446 größer gezeichnet ist, dar; das Düsensystem ist hier zum Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern mit einem Sieb umgeben, durch welches das Wasser aus dem Becken von dem bei *D* eintretenden Hochdruckwasserstrahl angesaugt und nach der Ausgußleitung *A* in die Höhe getrieben wird. Der hydraulische Nutzeffekt dieser Apparate ist ja nicht hervorragend, kaum 30 Prozent, das ist: $q H = 3{,}33\ Q h$ oder: das Produkt der aufgewendeten sekundlichen Druckwassermenge q und der Druckhöhe H in Meterkilogramm ist $3^1/_3$mal größer als das Produkt der erhaltenen Ausguß- oder Förderwassermenge Q und der Steig- oder Förderhöhe h. Die Installation ist überaus einfach. Die „Wassersparer" werden von Gebr. Körting in Hannover in vier Größen für 1000 bis 10 000 Liter stündliche Leistung mit Druckwasserzuleitungslichtweiten von 10 bis 30 Millimeter zum Preise von 10 bis 30 Mark pro Stück geliefert. Für größere Monumentalbrunnen sind dann die teureren Wasserstrahlelevatoren (wie in Fig. 383 für Hydranten) mit Leistungen bis 100 Kubikmeter pro Stunde und 150 Millimeter Durchmesser der Ausgußleitung für ca. 400 Mark erhältlich. Eine Preisliste für alle vorkommenden Fälle der Praxis wird von der Firma nicht gegeben, da die Zusammenstellung der notwendigen Düsen und die hierdurch bedingte Form und Größe der Apparate von Fall zu Fall sich ändert. Es sind aus der obigen Formel außer dem variablen Nutzeffekt noch vier Größen zu erkennen, die ihre Werte gegenseitig verändern.

Bei der vielseitigen Anwendung der Wasserstrahlapparate in städtischen Betrieben, wovon die folgenden Figuren einige ausgeführte Beispiele zeigen, ist eine etwas nähere Betrachtung der Vorgänge im Innern des Düsensystems angezeigt. Die Firma Gebr. Körting hat auf Grund von Tausenden von Versuchen die zweckmäßigen, d. h. die für eine gewünschte Förderung notwendigen Formen von Düsen konstruktiv gefunden. Der in die engste Düse eingetretene Hochdruckstrahl durchstreicht in gerader Richtung zuerst die etwas weitere Düse, hierauf wieder eine etwas weitere und schließlich die lange Austrittsröhre mit noch weiterem Querschnitt. Die Geschwindigkeit des ursprünglichen Strahls wird beim Durchgang dieser stets sich erweiternden Düsen allmählich verringert, nicht etwa nach Maßgabe der Querschnitte, denn diese würden von dem Hochdruckstrahl allein nicht ausgefüllt werden, sondern nach Maßgabe des Verhältnisses, in welchem das die Düsen umgebende Wasser mit dem Strahl gemischt die Düsenquerschnitte erfüllt. Körting nennen die erste Düse: die **Treibdüse**; die zweite und dritte Düse (in anderen Fällen sind es eine ganze Anzahl) werden **Mischdüsen** genannt, weil in ihnen die zu fördernde Flüssigkeit mit der treibenden gemischt wird. Die Austrittsröhre endlich heißt der **Druckkegel**, weil in ihm die Geschwindigkeit des Gemisches sich wieder in Druck umsetzt.

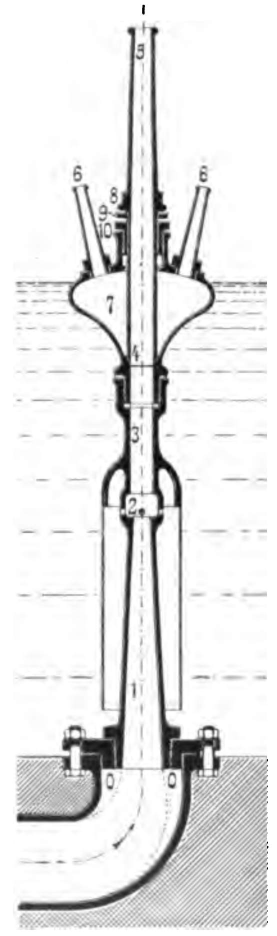


Fig. 447. Fontänenmundstück.

Fig. 447 stellt ein Fontänenmundstück von Breuer & Co., Höchst a.M. im Schnitte dar. In der Sohle des Brunnenbehälters ist ein Flanschenbogen einzementiert, der in der Pfeilrichtung durchströmendes Wasser nach oben ablenkt. In den mit *0 0* bezeichneten sogenannten „toten" Ecken, die außerhalb der punktierten die Strömung begrenzenden Umhüllungskurve liegen, findet keine Bewegung statt; es bildet sich vielmehr innerhalb des Bogens vom Zuleitungsrohrdurchmesser bis zur Austrittstelle ein sich stetig verjüngender „Wassermantel", der im eigentlichen Wasserstrom die geringstmögliche Reibung verursacht. Der Flanschenbogen ist mit einem Deckel dicht verschraubt, in dessen Gewindeöffnung ein langes konisches Strahlrohr *1* eingeschraubt wird, das mit einem glockenförmigen Blechmantel umgeben ist. Der Wasserstrahl verläßt bei *2* die verengte Rohröffnung mit der jeweils durch die disponible Druckhöhe erreichbaren Geschwindigkeit und reißt beim Übertreten in den erweiterten Raum *2* das durch seitliche Löcher aus der Glocke bezw. vom Springbrunnenbecken zuströmende Wasser mit nach dem Mundstück *5*, indem er die Strecke *3*, *4* bis *5* mit verminderter Geschwindigkeit aber entsprechend vermehrter Wassermenge durchströmt. Auf



Fig. 448. Springbrunnen im Palmengarten Frankfurt.

diese Weise wird wohl an Sprunghöhe verloren, dagegen an Druckwasser gespart und an Effekt des Springbrunnens gewonnen. Die Wasserzuführung durch die unten bis fast auf den Grund verlängerte Blechglocke ist deshalb nötig, weil bei direkter Zuströmung durch die seitlichen Löcher bei *2*, also ohne Glocke, infolge des bewegten Wasserinhaltes des Behälters Unregelmäßigkeiten und Störungen in der Zufuhr des Brunnenwassers und damit im Effekt der Fontäne eintreten. Das mittlere Mundstück *5* ist in seiner Längsrichtung verschiebbar angeordnet und sitzt nur dann direkt auf dem Zwischenstück *3*, wenn ein einziger Strahl springen soll. Löst man dagegen mittels Schraubenschlüssels durch Drehung an dem Sechskant *8* die Verschraubung in der Stopfbüchse *10*, so entfernt sich der Fuß *4* des Mundstücks von seinem kegelförmigen Sitz, der in einer Birne *7* ventilartig eingedreht ist, welche selbst in einer Gewindemuffe des Zwischenstücks *3* eingedichtet steht. Die Birne trägt oben mehrere ringförmig verteilte kleinere Mundstücke *6*, *6*, welche zu springen anfangen, wenn das mittlere Mundstück weit genug nach oben geschraubt wurde, so daß ein Teil des Auswurfwassers sich in die Birne verliert und durch die kleineren Mundstücke in einer „Garbe" ausströmt. Schraubt man das Mundstück *5* so weit herauf, daß es immer mehr an Druckwasser verliert, so steigt die Garbe entsprechend höher, nähert man es dagegen wieder mit seinem Fuß *4* dem Sitz in der Birne, und zwar so weit, daß kein Wasser in die Birne treten, wohl aber Luft aus der Birne durch die Mundstücke *6*, *6* angesaugt wird, so mischt sich das Wasser mit der Luft zu milchigweißem Schaum und es gelingt auf diese Weise, sowohl den mittleren Strahl als auch die Garbe und beide gleichzeitig in schönen Variationen spielen zu lassen. Die jeweilige Feststellung des mittleren Mundstücks geschieht durch Anziehen der Gegenmutter *9* auf die Stopfbüchse *10*. Die ganze Garnitur ist in Bronze und Messingblech ausgeführt.

Fig. 448 zeigt einen nach vorstehenden Grundsätzen angelegten Springbrunnen im Palmengarten zu Frankfurt a. M. Das milchig-weiße Aussehen des Strahls wird erreicht durch Miteinsaugenlassen von Luft, die sich mit dem Seewasser in den Düsen des Wassersparers innig mischt. Die Zuführung der Luft erfolgt durch ein über dem Seespiegel mündendes Rohr.

Fig. 449 stellt den Reinhard-Brunnen vor dem Theater in Straß-



Fig. 449. Reinhard-Brunnen in Straßburg.

burg i. E. dar. Das wiederholte Erscheinen des Wassers auf den immer breiter werdenden Kaskaden erhöht den Eindruck des Wasserreichtums, der jedoch zum größten Teil aus dem kristallklaren Bassin von nicht sehr großer Tiefe stammt, aus welchem er durch acht Wassersparer gehoben wird.

Fig. 450 zeigt die Körtingsche Patentstreudüse, die das Gegenteil der früher besprochenen Mundstücke, welche den aufsteigenden Wasserstrahl möglichst geschlossen erhalten sollen, be-



Fig. 451. Springbrunnen im Hofgarten von Würzburg mit Körtingschen Streudüsen.



Fig. 450. Körtingsche Patentstreudüse.

zweckt. Sie dient zur Belebung des landschaftlichen Bildes, zur Kühlung der Luft oder zur Anfeuchtung in Räumen. Ihre überaus feine Wasserzerstäubung beruht auf der durch einen im Inneren der Düse angebrachten schraubenförmigen Stift erzeugten drehenden Bewegung des durchstreichenden Strahls, welcher nach Verlassen des Mundstücks nach allen Richtungen auseinandergerissen und zerstäubt wird. Diese Streudüsen werden in Größen von ½ bis 50 Millimeter Lichtweite für Wassermengen von 15 Liter bis 62 660 Liter pro Stunde zum Preise von 12 bis 300 Mark geliefert. Fig. 451 zeigt die Wirkung der Körtingschen Streudüsen bei einem öffentlichen Springbrunnen im Hofgarten von Würzburg. Die feine Wasserzerstäubung kühlt die Luft in der Nähe des Brunnens nicht unerheblich ab und macht den Aufenthalt dort an heißen Tagen außerordentlich angenehm. Fig. 452 stellt die Ausstattung einer Schwimmhalle mit Streudüsen dar. Um beim Baden die angenehme Empfindung eines niedergehenden Regens künstlich



Fig. 452. Schwimmhalle mit Sprühregen aus Streudüsen.

hervorzurufen, werden Streudüsen mit 4 bis 8 Millimeter Durchgang angewendet, die den zerstäubten Wasserstrahl über das Schwimmbassin verteilen.

Fig. 453 zeigt eine andere Einrichtung in der Schwimmhalle in Gebweiler i. E. Durch Einbau eines Wasserstrahlelevators („Wassersparer" für größere Wassermengen) kann mit fortlaufendem Zufluß von geringen Mengen frischen Wassers der abgeschlossene Inhalt eines Schwimmbades in stetiger Umarbeitung und Bewegung erhalten werden, da die Düsen des Elevators das Bassinwasser stets ansaugen und wieder auswerfen. In Gebweiler i. E. werden mit stündlich 17 Kubikmeter Wasserleitungswasser ca. 12 Kubikmeter Bassinwasser angesaugt und umgewälzt. Auch kann gleichzeitig mittels Dampfstrahls das Frischwasser in dem Elevator angewärmt werden.



Fig. 453. Schwimmhalle in Gebweiler mit Wasserstrahlelevator.

Fig. 454 ist die Abbildung eines Wasserstrahlelevators zum Reinigen von Schwimmbädern oder sonstigen Bassins (für große Fontänen) im Freien. Der Elevator wird auf ein Floß gestellt und durch einen Schlauch mit der Wasserleitung verbunden. Der Saugschlauch reicht von dem Apparat bis auf die Sohle und endigt hier in einem schnabelartigen breiten Ansaugefuß, der mit dem Elevator zusammen über der Sohle hingezogen wird, den Schlamm aufsaugt und in den Nachen fördert, ohne daß der Schlamm sich mit dem oberen Wasser mischt. Mit Mundstück versehen für mobile Springbrunnen geeignet. Vgl. auch die D. R.-P. Nr. 338, 15 243, 17 649, 97 612 und die Nummern [11] und [12] des Literaturverzeichnisses.

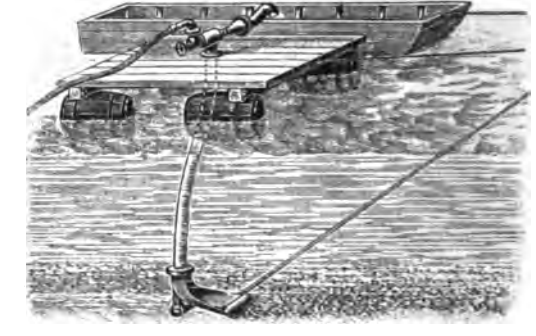


Fig. 454. Wasserstrahlelevator zum Reinigen von Bassins.

b) Der frei in die Luft austretende Hohlstrahl. Bei Verwendung von Mundstücken mit einem inneren Metallkern *K* nach Fig. 455 entsteht ein Hohlstrahl, der zwar von außen gesehen durch eine mächtige Dicke imponiert, bei näherem Verweilen jedoch durch das geräuschlose Niedergleiten der geringen Wassermassen enttäuscht. Das Beispiel eines Hohlstrahls größter Dimension bietet der Springbrunnen am Schwarzenbergplatz in Wien Fig. 456, der allerdings auch seiner vielen anderen Strahlen wegen als Sehenswürdigkeit genannt zu werden verdient*). In der Mitte eines ganz aus Beton mit geschliffenen Randsteinen erstellten Bassins von 38 Meter Durchmesser erhebt sich

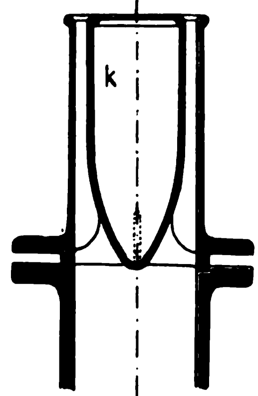


Fig. 455. Hohlstrahlmundstück.

*) Aus „Rudolf Stadler, Die Wasserversorgung der Stadt Wien 1873". Nach der späteren Ausgabe des großen Werkes mit Tafeln und Beschreibung von C. Michatsch, „Die Wiener Hochquellenleitung 1881", hat der Hochstrahlbrunnen mit einem 3 Zoll engl. = 77 Millimeter-Mundstück einen vollen Strahl von 58,2 Meter Höhe bei vollständiger Windstille mit 384,375 Kubikmeter Wasserverbrauch pro Stunde = 107 Sekundenliter ergeben. Dies wäre der höchste Strahl, der bis jetzt bekannt wurde.

der Hohlstrahl mit 216 Millimeter Durchmesser bei 7 Atmosphären Druck bis zu einer Höhe von 31,6 Meter. Um diesen Strahl entwickeln sich aus einer Felsengruppe vier je 13 Millimeter dicke und 16 bis 19 Meter hoch unter 60 Grad Neigung nach außen abfallende Seitenstrahlen, während an der mit einem Rohre belegten Peripherie des Bassins 360 Strahlen mit 4,4 Millimeter Durchmesser 8 Meter hoch nach innen springen und den Mittelstrahl glockenförmig umgeben. Das Peripherierohr wird durch sechs sternförmig von dem mittleren 395 Millimeter-Rohr abzweigende Röhren von je 132 Millimeter Lichtweite gespeist. Verfasser erinnert sich des eigentümlichen Eindrucks am Abend des 24. Oktobers 1873, als der sogenannte „Hochstrahlbrunnen“

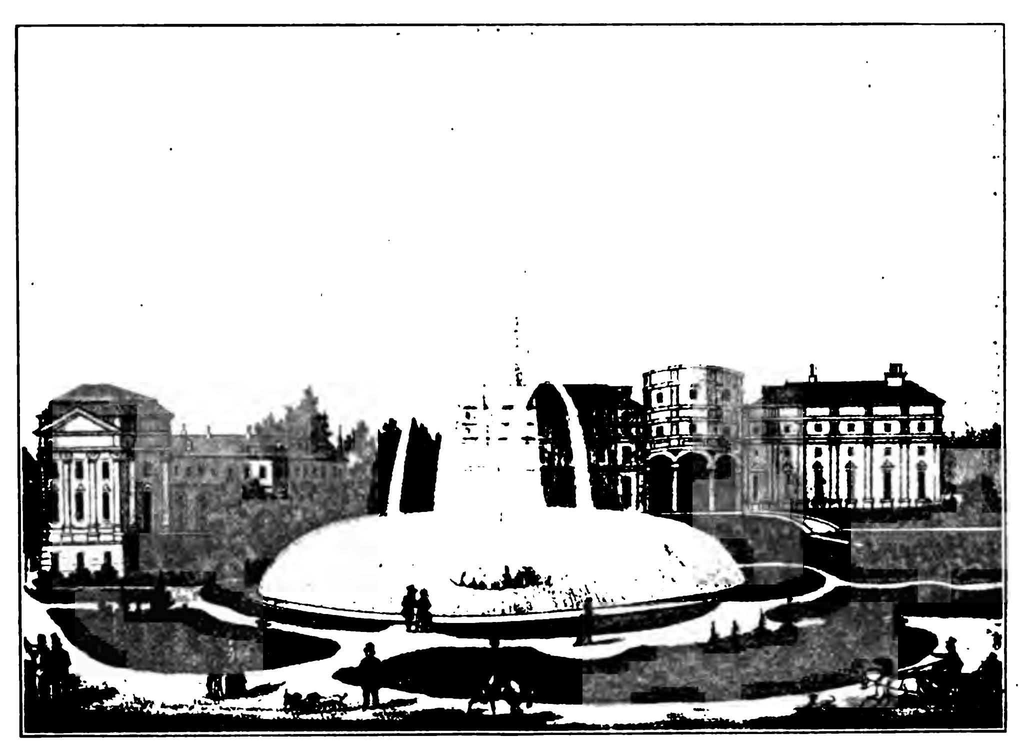


Fig. 456. Hochstrahlbrunnen am Schwarzenbergplatz in Wien.

zur Feier der Eröffnung der Wiener Hochquellenwasserleitung erstmals in feenhafter bengalischer Beleuchtung seine Wasser mit auffallender „feierlicher Ruhe“ spielen ließ. Das Rauschen des Wassers hat eben gefehlt und den Eindruck gestört. Das Wasserspiel erfordert nach Abt. I, S. 594 ein Wasserquantum von 150 Sekundenliter. Die Röhren innerhalb des Bassins sind innen emailliert, um einerseits den Druckverlust auf das geringste Maß zu reduzieren, anderseits um diesen Druckverlust in den Leitungen so gleichmäßig zu verteilen, daß dessen Wirkung in den springenden Wasserstrahlen nicht bemerkbar wird. Der Hohlstrahl mag vor dem massiven das voraus haben, daß er sich weniger leicht an der Luft „aufreibt“, da die Hohlform infolge des Vakuums im Innern einen konzentrischen Luftdruck von außen hervorruft, der die Wasserfäden aneinander geschlossen hält. Hohlstrahlen von guter Wirkung können auch dadurch erzeugt werden, daß die Sprungplatte mit mehreren nebeneinander ringförmig angeordneten Austrittsöffnungen für das Wasser versehen wird. Eine solche Platte, Fig. 457, ist bei dem Großherzoglichen Hofwasserwerk Karlsruhe i. B. [9] für den dortigen großen Springbrunnen in Verwendung. Vielfache Proben haben ergeben, daß ein schöner aufsteigender Strahl erreicht wird, wenn die Öffnungen in der Platte durch volle Zwischenräume z unterbrochen sind, für welche $z = 0{,}75 \,.\, l$ und $b = 0{,}30 \,.\, l$, $l = 0{,}55 \,.\, r$ (Bezeichnungen in der Figur) gewählt werden. Die Höhe des Strahles erreicht nahezu jene, welche sich bei dem Vollstrahl unter Verwendung des in Fig. 442 dargestellten Mundstückes ergibt. Im übrigen ist man seit dem Bestehen der Möglichkeit, durch die früher beschriebenen Strahlapparate Wasser aus den Springbrunnenbecken nachzusaugen, von den Hohlstrahlen fast gänzlich abgekommen.

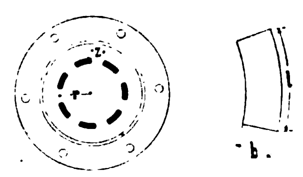


Fig. 457. Sprungplatte für Hohlstrahlen. (Handbuch d. Arch. S. 435.)

Die Größe und Anordnung der Springbrunnenbecken. Sehr zu beachten ist bei allen Springbrunnen, daß die Größe des Bassins, in welches das Wasser abstürzt, im richtigen Verhältnis zur Strahlhöhe steht; bei zu kleinen Becken werden — insbesondere bei windigem Wetter — die von den Strahlen abgerissenen Wasserteilchen über die Beckeneinfassung hinausgeworfen, wodurch sich die Umgebung des Springbrunnens in einen Sumpf verwandelt. Es empfiehlt sich in allen Fällen, den Wasserspiegel der Becken an allen Stellen breiter zu halten als die zulässige größte Strahlhöhe, wenn ein senkrecht aufsteigender Strahl in Frage steht. Entspringen dem Monumentalbrunnen im Bogen verlaufende Strahlen, so soll zwischen dem Punkte, an welchem bei ruhigem Wetter die Enden der Strahlen in das Bassin gelangen und der Einfassung des Bassins noch eine Spiegelbreite von mindestens 5 Meter vorhanden sein, sofern die Brunnen im Freien stehen.

Form und Ausführung der Einfassungen müssen dem Künstler überlassen werden, der sie in Übereinstimmung mit der Brunnenanlage zu bringen hat. Die Wassertiefe wird sehr verschieden gewählt, überschreitet jedoch nur ausnahmsweise das Maß von 1 Meter. Die Fundamente sollen in frostfreie Tiefe hinabreichen.

Bei jedem Springbrunnenbecken muß ein Überlauf und ein Leerlauf vorgesehen werden. Der erstere ist durch eine Haube gegen das Einschwemmen von Blättern und sonstigem Treibzeug zu sichern; gegen den Leerlauf muß die Bassinsohle von allen Seiten her einfallen. Letztere enthält also stets eine geneigte Lage, in der Regel im allgemeinen ansteigend gegen den Sprungstock und am Rande des Bassins fallend gegen die Entleerungsöffnung. Das Leerlaufrohr muß unter allen Umständen verschließbar sein; es ist indessen auch zweckmäßig, am Überlaufrohr einen Regulierschieber anzubringen, um die Spiegellage im Bassin jederzeit beherrschen zu können.

Die Anordnung der Zuleitungen zu den Springbrunnen. Es ist ohne weiteres klar, daß die Zuleitungen zu den einzelnen Strahlen eines Springbrunnens eine umso bessere Wirkung erzielen lassen, je weniger Druckverluste das Wasser vor dem Eintreffen am Mundstück erleidet. Wie früher erwähnt, steigert man deshalb die Geschwindigkeit in solchen Zuleitungen in der Regel nicht höher als 1 Meter-Sekunde. Hat sodann der Springbrunnen nur einen Strahl, so genügt zur Regulierung und Abstellung desselben ein Stellschieber und eine Entleerungsvorrichtung für das zum Mundstück bezw. zur Sprungplatte führende Rohr. Bei großen Springbrunnen mit vielerlei und verschieden hohen Strahlen empfiehlt es sich sehr, alle Stell- und Entleerungsvorrichtungen in einen einzigen frostfreien Raum zu verlegen; in der Regel befindet sich letzterer unter dem Bassin oder vor dem Rande desselben. Kann man es so einrichten, daß von dem betreffenden Raum alle Strahlen zu übersehen sind, so hat dies den großen Vorzug, daß man rasch und sicher ein gutes



Fig. 458. St. Kiliansbrunnen in Würzburg.

Zusammenwirken der einzelnen Ausläufe zu erreichen vermag. Großer Wert ist auch auf die möglichst leichte Zugänglichkeit zu den Mundstücken der Einzelstrahlen zu legen.

Die schematische Übersicht einer Wasserverteilung zu Springbrunnenmundstücken gewährt der in den Fig. 458 u. 459 dargestellte St. Kiliansbrunnen in Würzburg, entnommen aus [22]. Auf dem Bahnhofsplatze in Würzburg wurde am 8. Juli 1895 dieser der Stadt vom Prinzregenten Luitpold von Bayern geschenkte Monumentalbrunnen eingeweiht, dessen Entwurf von Stadtbaurat Bernatz in Würzburg und Bildhauer Balthasar Schmitt in München herrührt. Der Brunnen erhebt sich bis zu einer Höhe von 10½ Meter. Die äußere Umrahmung besteht in einer 2½ Meter breiten, leicht geböschten gärtnerischen Anlage, welche nur durch Zugangstreppen unterbrochen ist, und in einer 2 Meter breiten Terrasse, die als Umgang dient, endigt. Auf dieser Terrasse ruht das Bassin von 10 Meter Durchmesser mit einem Sockel, der Reliefe trägt, „die Weinlese“ und „Fischerei mit Schiffahrt“ darstellend. Über dem Sockel breitet sich eine 5,5 Meter im Durchmesser haltende Mar- morschale aus, die aus einem Fries von Weinlaub und Trau- ben sechs wasserspeiende Mas- ken hervortreten läßt. Aus dieser Schale erhebt sich der schlanke Aufbau mit einer zweiten Schale von 3 Meter Durchmesser. Über letzterer sitzt der Bronzesockel der Statue, welcher mit drei Del- phinen geschmückt ist, die aus Maul und Nüstern Wasser speien. Den Brunnen krönt die 2,2 Meter hohe Statue des Frankenapostels St. Kilian. Der Brunnenkern ist 5 Meter tief auf Felsen fundiert; die Tritte und Randsteine sind von Fichtelgebirgsgranit, die Bas- sineinfassung von Krensheimer Kalkstein, der Bassinboden aus Zementbeton; die über das Bassin aufragenden Teile sind sämtlich von weißem Marmor mit Ausnahme der Bronze- statue, die eine künstliche Patina erhalten hat. Die große Schale ist aus zwei Schichten, jede Schichte aus vier Stücken zusammengesetzt; die obere Schale ist aus einem Stück.

Fig. 459. Innere Einrichtung des St. Kiliansbrunnens in Würzburg.

Die Wasserzuleitung (s. Fig. 459) ist mit einem 100 Millimeter-Rohr rechts an das städtische Rohrnetz angeschlossen. Jeder Strahl hat eine besondere Zuleitung, jeder Delphin deren drei, und da das den Mundstücken entströmende Wasser für einen wirkungsvollen Überfall an den Schalenrändern nicht ausreichen würde, haben auch die Schalen je eine besondere Zuleitung erhalten. Der Verteilungsapparat ist in einem Revisionskanal untergebracht, in welchem jede Leitung für sich, die Leitungen einer Gruppe zusammen und die Hauptleitung reguliert, abgesperrt und entleert werden können. Der Wasserverbrauch ist mindestens 6 Sekundenliter und kann bis 12 Sekundenliter gesteigert werden. Es ist Vorkehrung getroffen, daß das aus dem Bassin durch die links führende Abwasserleitung überlaufende Wasser in den nahen, tiefergelegenen Glacisanlagen zur Speisung von Bassins etc. wieder verwendet werden kann. Der Verteilungsapparat Fig. 459 bietet ein erhöhtes Interesse für den Fachmann, da er in sehr übersichtlicher Weise die Versorgung jedes einzelnen Wasserstrahles, deren es im ganzen 15 sind, erkennen läßt. Die zwei einzeln von der Hauptzuleitung abzweigenden Röhren *1* und *5* führen zu den beiden Schalen, hier je in einer Ringleitung mit Löchern auf der unteren Seite endigend. Die sechs ersten Gruppenröhrchen führen zu den sechs Masken des unteren Schalenfrieses, die sechs nächsten zu den sechs Nüstern der drei Delphine an dem Statuensockel, die drei folgenden zu den drei Mäulern der Delphine. Jedes Röhrchen hat einen Regulierhahn. Das untere Bassin wird mit einer etwas vertieft liegenden Ausmündung durch eine Grundablaßleitung in den Revisionskanal, der mittels Entwässerung an das Kanalisationsnetz angeschlossen ist, entleert. Beachtenswert ist das Entleerungshähnchen *6* am Ende der Hauptzuleitung, welches im Winter offen steht und durch das sich sowohl die Hauptleitung als sämtliche Röhrchen und Becken bei geöffneten Einzelhähnen

entleeren kann. Der Überlauf des Bassins wird aus einer rechteckigen, den Steinsockel durchdringenden Öffnung gebildet, die sich in eine runde Ablaßröhre zusammenschließt und links abführt. Der vielgliedrige Aufbau wird durch eine Eisenstange, die oben und unten mit einer Schraubenmutter versehen ist, und in die Quader eingelassene Eisenschienen zusammengehalten.

Weitere derartige Verteilungseinrichtungen können in [9], [23] und [24] nachgesehen werden, worauf wir verweisen; wenn auch die Details an denselben teilweise veraltet sind, so ist doch die Gesamtdisposition musterhaft.

Beispiele ausgeführter Anlagen. Die sogenannten Zierbrunnen bilden den Übergang von gewöhnlichen ständig laufenden Brunnen zu den Monumentalbrunnen; letztere sind lediglich Schaustücke, eventuell mit dem früher erwähnten praktischen Nutzen, den die Abkühlung der Luft durch das strömende Wasser stiftet, während bei den ersteren noch Einrichtungen zur Trinkwasserentnahme sich vorfinden. Wir wollen indessen nicht versäumen, anzufügen, daß da und dort auch die Abwasser der Monumentalbrunnen (Springbrunnen etc.) nochmals zu anderen Wasserversorgungszwecken, sei es durch künstliche Hebung oder Ableitung unter natürlichem Druck, verwendet werden.

Eine größere Anzahl Zierbrunnen besitzt die Stadt Nürnberg, darunter der allgemein bekannte Schöne Brunnen, der Tugendbrunnen, das Gänsemännchen u. s. w. Einen neueren derartigen Brunnen auf dem Plerrer in Nürnberg stellt Fig. 460 dar. Der 7,5 Meter hohe Obelisk aus hellblauem bayerischen Granit mit dem segenspendenden Knaben auf geflügeltem Rad wurde zum 50jährigen Jubiläum der Nürnberg-Fürther ersten Eisenbahn in Deutschland von H. Schwabe in Nürnberg entworfen. Die Bronzefiguren stammen aus der Lenzschen Erzgießerei in Nürnberg und stellen die beiden Schwesterstädte symbolisch dar. Die Erzreliefe versinnbildlichen die alte und neue Zeit mit dem Postwagen und dem Eisenbahnzug. Die Enthüllung fand am 18. Oktober 1900 statt. Die Wasserlieferung aus den beiden Wasserspeiern ist unbedeutend; die Baukosten betrugen 56000 Mark. Der Zugang zu den Wasserleitungen erfolgt seitwärts des Denkmals durch einen Schachtkasten mit unterirdischem Gang, der in einen viereckigen Schacht unter dem Obelisk mündet, wo die Verteilung der zwei Wasserspeierleitungen auf Steigeisen bedient werden kann.

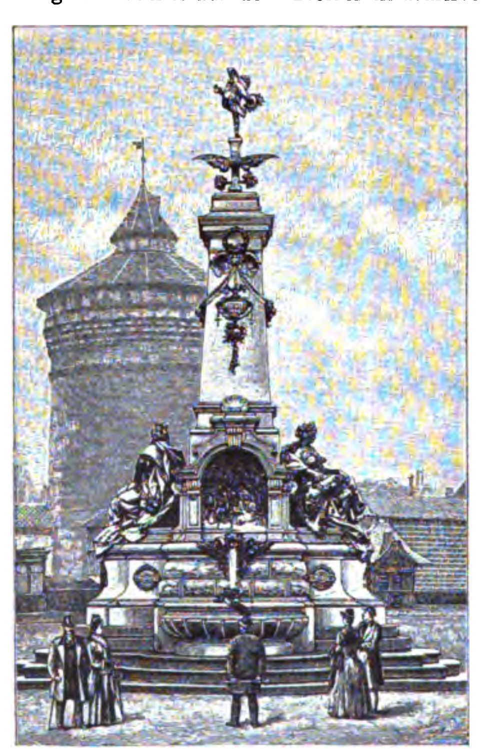


Fig. 460. Brunnen auf dem Plerrer in Nürnberg.

Fig. 461 gibt ein Bild des 1890 erbauten Brunnens am Eugensplatz in Stuttgart. Dieser Monumentalbrunnen steht auf einem schönen Aussichtspunkt und bildet mit der kräftigen Figur der „Galathea" den obersten Abschluß einer sehr steil ansteigenden Straße, der Eugenstraße. Aus der Rückseite des Postaments ergießt sich ein Strahl mit Trinkwasser. Über die Bronzeschale und aus einigen Wasserspeiern der Vorderseite fließen zahlreiche kleine Strahlen Nutzwassers. Der Brunnen hat also zwei getrennte Wasserzuleitungen. Die Wasser sammeln sich in einem Bassin neben der unteren Balustrade und gelangen durch dessen Überlaufrohr unterirdisch auf eine tieferliegende Kaskade, deren viele breite Stufen reichlich begießend; der Wasserverbrauch ist übrigens nicht bedeutend, er beträgt 15 Kubikmeter in der Stunde. Die Bronzefiguren stammen aus der Kunstgießerei von Paul Stotz, der Entwurf von Otto Rieth, Architekt, beide in Stuttgart.

Fig. 462 zeigt den bekannten Brunnen am Neuen Markt in Wien, erbaut 1739 vom Bildhauer Raphael Donner, zuerst mit Statuen in Bleikomposition, welche 1873 in Bronze umgegossen wurden. Dieser Brunnen wirkt weniger durch die Wassermengen, die er spendet, als durch die Schönheit der Gesamtdisposition: breite und niedere, sehr bequem zugängliche Anlage des Bassins, das sich auf drei Ringstufen mit der Statue der Vorsicht und mit allegorischen Figuren der Flüsse: Traun,

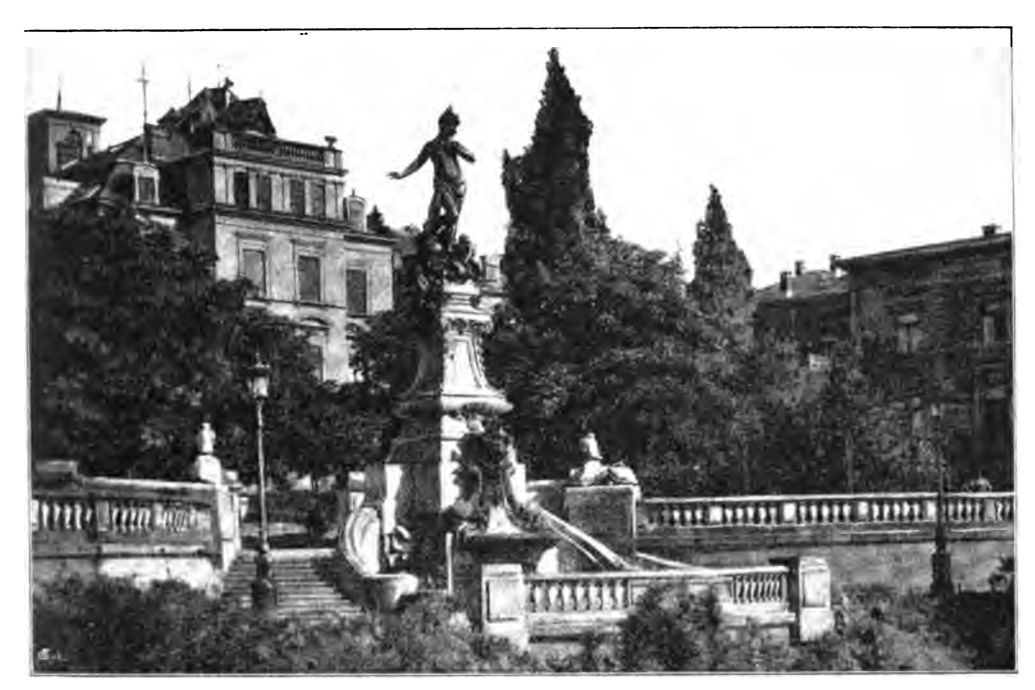


Fig. 461. Brunnen am Eugensplatz in Stuttgart.

Enns, Ybbs und March, sämtlich Zuflüsse der Donau oberhalb Wien, geschmückt, in behaglicher Ruhe erhebt und einen ansehnlichen Wasserspiegel besitzt.

In Gärten, Vorhöfen u. s. w. werden häufig, insbesondere zum Zwecke der Abkühlung, manchmal auch zum Zwecke der Speisung von Becken, aus welchen Wasser zum Pflanzenbegießen etc. geschöpft wird, kleine Springbrunnen mit Bronze- oder Zinkfiguren angewendet. Besondere Fabriken liefern derartige Anlagen mit der nötigen Armatur etc. und es besteht in der Regel eine reiche Auswahl; auch werden da und dort kleinere Spielereien (Kugeln, Figuren, Räder etc.) von Wasser bewegt. Manchmal findet man auch transportable derartige Springbrunnen, denen das Wasser durch Schlauchleitung zugeführt wird und die zum Rasenbegießen u. s. w. dienen. Indem wir auf die D. R.-P. Nr. 1814, 22 366, 37 818 u. 64 511, sowie auf die Kataloge der Fabriken verweisen, können wir uns mit einem Beispiel solcher Anlagen begnügen.

Eine reizende Brunnenfigur aus Zinkguß von Schäfer & Hauschner in Berlin zeigt Fig. 463. Der aus Fabrikationsgründen hohle Figurenkörper hat unten einen Boden, in den die Zuleitung



Fig. 462. Brunnen am Neuen Markt in Wien.



Fig. 463. Brunnenfigur aus Zink.

eingedichtet ist; das Wasser erfüllt alle Hohlräume und strömt bei dem Fischmaul, das mit einem besonders eingepaßten Mundstück versehen wird, aus. Das Mundstück wird in der Regel aus dünnem Messingrohr angefertigt und erhält erst durch den Künstler die richtige Mündungsöffnung, rund, oval oder flach, um den gewünschten Effekt des herabfallenden Wasserstrahls hervorzubringen.

Auf öffentlichen Plätzen, in Stadtgärten etc. stehende Monumentalbrunnen, die in der Hauptsache nur als Schmuck dieser Orte dienen, sind ganz besonders schöne Ausführungen in Italien zu finden [13]. Im folgenden bringen wir eine kleine Auslese derselben; es befinden sich darunter solche, welche mehr durch den Aufbau wirken und wenig Wasser verbrauchen und solche — z. B. die römischen Brunnen — welche sehr großer Wassermengen bedürfen und deshalb kaum zur Wiederholung geeignet sind.

Fig. 464 zeigt den klassisch-schönen Neptunbrunnen in Bologna. Auf der Piazza Vittorio Emanuele erhebt sich das stolze, aus dem Mittelalter stammende Bauwerk mit der Kolossalfigur des Neptun. Diese Bronzestatue allein wiegt rund 10 000 Kilogramm und kostete, im Jahre 1524 von Giovanni da Bologna gegossen, 70 000 Goldgulden, d. h. nahe an 420 000 Mark. Der Entwurf und die Marmorfiguren sind von dem italienischen Bildhauer Laureti. Zur Wasserentnahme ist der Brunnen zur Zeit nicht benutzt. Er ist das Vorbild für zahlreiche Monumentalbrunnen in Italien und Deutschland geworden.



Fig. 464. Neptunbrunnen in Bologna.

Fig. 465 zeigt den bekannten Monumentalbrunnen in Messina. Der Brunnen steht vor dem Dome in Messina (Fontana del Duomo), wurde 1547 bis 1551 von Fra Giov. Ang. Montorsoli, einem Schüler Michelangelos, geschaffen. Die obere Bronzestatue ist das Abbild von Carlo II.; die unteren Skulpturen versinnbildlichen die Hauptflüsse, die sich ins Mittelländische Meer ergießen: Nil, Ebro, Po, und Tiber.

Das größte Interesse haben von jeher die römischen Monumentalbrunnen erregt. Besonders die vier im folgenden vorgeführten Brunnen sind es, die dem hochentwickelten Wasserversorgungswesen im alten Rom ein glänzendes Zeugnis ausstellen; sie werden noch heute aus drei erhaltenen antiken Aquädukten gespeist, deren es im alten Rom 14 gab und wovon der erste im Jahre 312 v. Chr. gebaut wurde. Es wird wohl wenige Zierbrunnen in der Welt geben, die sich einer so „alten“ Zuleitung bedienen. Die Päpste Roms haben im Mittelalter für die Wiederherstellung bezw. den stellenweisen Neubau der in tausendjährigen Kämpfen vielfach beschädigten Aquädukte gesorgt; so tragen diese Riesenbauwerke heute noch dazu bei, Rom in einer Weise mit Wasser zu versorgen, mit der sich kaum eine andere moderne Stadt der Welt messen kann. Welche Reichtümer fortgesetzt in Rom zusammenströmen mußten, um solche Bauten auszuführen,

zu unterhalten und, wie die folgenden Bilder zeigen, auch auszuschmücken, kann daraus erwogen werden, daß z. B. der Bau nur eines der alten Aquädukte [30], der Aqua Marcia, welche 146 v. Chr. vom Prätor Q. Marcius Rex auf 90 Kilometer langer Bogenreihe aus dem Sabiner-



Fig. 465. Fontana del Duomo in Messina (Domplatz).

gebirge hergeleitet und in neuerer Zeit (1869) wiederhergestellt wurde, seinerzeit 7,5 Millionen Mark gekostet hatte.

Wie alle alten römischen Wasserzuleitungen von den benachbarten Gebirgen her ihre Wasser zunächst in eine Art Reservoir auf die höher gelegenen Punkte in oder um die Stadt führten, von wo aus erst die tiefer liegenden Gebäude, Bäder und Brunnen mittels Ton- oder Bleirohrleitungen gespeist wurden, so auch die in Fig. 466 dargestellte Brunnenanlage, welche das Ende der einstigen Aqua Claudia bildet, die von Caligula angefangen und von Claudius 50 n. Chr. beendigt wurde. Nach der oberen Inschrift „führte Papst Sixtus V. (Felice Peretti) aus Picenum das von den Gefilden bei Columnae (dem jetzigen Colonna am Albanergebirge) kommende Wasser an der Straße nach Praeneste linker Hand durch Sammlung vieler Wasseradern in einem Aquädukt vom Reservoir 20 Meilen (römische Meile = 1,5 Kilometer), vom Ursprung der Quellen 22 Meilen weit her



Fig. 466. Acqua Felice-Brunnen in Rom.

und benannte es nach seinem früheren Namen Felix (Acqua Felice). Weiter besagt die Inschrift auf dem Architrav: „Begonnen im Jahre 1587." Der Brunnen steht an einer Ecke der Piazza S. Bernardo und wird von den Italienern „Fontanone dell' acqua Felice" genannt. Die Architektur stammt von Dom. Fontana, dem Architekten Sixtus V. aus Tessin, welcher zahlreiche Kirchen und Paläste etc. in Rom erbaute und den Stilübergang von der Renaissance zum Barock anbahnte, wie unter anderem aus den Voluten der Attika zu erkennen ist. In der Mittelnische steht ein dem Michelangelo nachgeahmter Moses, der, von Prosp. Bresciano modelliert, Wasser aus dem Gestein fließen läßt; zu beiden Seiten sind biblische Szenen mit Aaron und Gideon dargestellt. Die vier Löwen vor den Säulen sind aus neuerer Zeit und wurden antiken Originalen, die sich im Ägyptischen Museum des Vatikans befinden und von Pharao Nektanchos (361 bis 345 v. Chr.) für einen unterägyptischen Tempel geweiht wurden, nachgebildet. Aus dem rechteckigen Bassin, das mit einer Balustrade eingefriedigt ist, verzweigen sich unterirdisch die Leitungen nach tiefer liegenden Ausflußstellen; unter anderem wird der Springbrunnen auf der „Piazza del Quirinale" mit 32 Liter pro Sekunde aus dem Wasser der Acqua Felice gespeist (s. Abt. I, S. 594, Brunnen Nr. 16).

Fig. 467 stellt letzteren Springbrunnen im Bilde dar; aus ihm ist zu ersehen, wie die antiken Überreste zur Ausschmückung von Brunnen und Plätzen künstlerisch verwertet wurden. Der 15 Meter hohe Obelisk entstammt dem Mausoleum des Kaisers Augustus, vor welchem er bis 1787 stand (das Mausoleum ist jetzt noch in Via dei Pontefici zu sehen). Die beiden Rossebändiger, 5,6 Meter hoch, sind Meisterwerke von Phidias und Praxiteles, die in der römischen Kaiserzeit zum Schmucke der Thermen des Konstantin dienten. Die Granitschale des Brunnens ist gleichfalls antik und dürfte in den bekannten Bädern gestanden haben. Die Einzelteile des Brunnens dienen heute noch den Künstlern als Modell und wurden in zahlreichen Nachbildungen über die ganze Erde verbreitet. Die Sprungzeit und die Wassermenge mag heute bei dem Quirinalbrunnen eine beschränktere sein, da durch die rasche Ausdehnung der Stadt das Wasser mehr für Gebrauchszwecke benutzt wird. Die Abbildung ist Ende der Siebzigerjahre des vorigen Jahrhunderts aufgenommen.

Ein halbes Jahrhundert nach Erbauung der Acqua Felice, 1612, führte Papst Paul V. den in Fig. 468 abgebildeten Brunnen, die Acqua



Fig. 467. Springbrunnen auf der Piazza del Quirinale in Rom.

Paola, durch die Architekten Fontana und Maderna aus, worüber die Inschrift sagt, daß „das Wasser von den heilsamsten Quellen bei Braccia (Gegend des Sees von Bracciano im N.W. Roms) auf den alten, wiederhergestellten Leitungen der Aqua Alsietina (Trajana 98 n. Chr.) und auf neuen Leitungen vom 35. Meilensteine hergeleitet ist". Nach den Reisehandbüchern liegt der Lacus Alsietinus (der heutige Lago di Martignano) 207 Meter über dem Meer, die Acqua Paola ca. 77 Meter, somit wird das Gefälle von 130 Meter auf die Länge der gemauerten Zuleitung von 52 Kilometer mit durchschnittlich 2,5 pro Mille bis zur Ausgußstelle aufgebraucht. Die drei mächtigen Strahlen ergießen sich in ein später (1691) hinzugekommenes halbrundes Becken, das in an-



Fig. 468. Acqua Paola in Rom.

sehnlicher Höhe über der Tiberstadt auf dem Monte Janicolo in der Via Garibaldi gelegen ist, von wo aus die Verteilungsleitungen in die Stadt gehen*). Zum Bau des monumentalen Brunnens wurde Marmor vom Minervatempel des Nervaforums verwendet, die Granitsäulen stammen aus dem Vorhof der alten Peterskirche, die 336 n. Chr. erbaut wurde, nach 1300 Jahren aber in der jetzigen Peterskirche aufging. Mit dem Wasser der Acqua Paola wird der rechtseitige Uferstadtteil von Rom versorgt, während das Wasser der Acqua Felice und das der nachfolgenden Fontana di Trevi dem linkseitigen, größer ausgedehnten Tiberufer zukommt.

Wieder nach einem Zeitraum von 100 Jahren ließ Papst Clemens XII. den dritten und bekanntesten Brunnen Roms errichten, der den Namen Fontana di Trevi erhielt und in Fig. 469 dargestellt ist. Der Name Trevi (Trivio) deutet an, daß die Wasser früher in drei Mündungen, durch einen Dreiweg, ausflossen. Sie entstammen der alten Wasserzuleitung Aqua Virgo, die (19 v. Chr.) Marcus Agrippa für seine Thermen über 20 Kilometer aus der Gegend von Tivoli meist unterirdisch herführte. Die Fontana Trevi bildet einen Teil der südlichen Fassade des Palazzo Poli in der Via Muratte und ergießt ihr reiches Wasser in ein halbrundes tiefliegendes Bassin, das selbst an tiefer Stelle gelegen, nur noch zum Wasserschöpfen dient; oberhalb der Fontana Trevi zweigen auch Zuleitungen nach anderen großen Monumentalbrunnen**) der Stadt, die in der Nähe des Tibers, also noch etwas tiefer liegen, ab. Die Inschrift unter der Attika besagt, daß „das durch Fülle und

---

*) Der in Abt. I, S. 594 genannte Springbrunnen auf der „Piazza S. Pietro in Montorio", einem etwas tiefer und nahe der Acqua Paola gelegenen Platze, bezieht von da 350 Sekundenliter Wasser zu seinem Spiel.

**) Springbrunnen auf Piazza Farnese und Piazza Navona, letzterer mit 35 Liter pro Sekunde.

Heilsamkeit ausgezeichnete Wasser der Virgo im Jahre 1735 durch einen prächtigen Brunnen geschmückt wurde". Der Plan zu dem Brunnenaufbau ist von Nicc. Salvi entworfen, welcher nach einer Zeichnung Berninis, des berühmten römischen Architekten und Bildhauers, vorging. Von letzterem stammen überhaupt die in Rom hervorragendsten Springbrunnen, Fassaden u. dgl. An der Fontana Trevi erhebt sich auf den grottenförmig geschichteten Tuffsteinen aus Brüchen bei Tivoli, welche vom Wasser überflossen werden, ein gebieterischer Neptun, der die beiden aus den Wassern empordrängenden Seepferde und ihre sie zügelnden Tritonen meistert. In den beiden Seitennischen sind Allegorien der Fruchtbarkeit und der Gesundheit angebracht. Oberhalb diesen



Fig. 469. Fontana di Trevi in Rom.

zeigen Reliefbilder Szenen aus der Entstehung der antiken Aqua Virgo, welche durch eine Jungfrau entdeckt wurde, die den wassersuchenden römischen Soldaten die Quelle zeigt. Die Leitung liefert täglich 80 000 Kubikmeter = 950 Sekundenliter Wasser nach Rom. Hiervon fließen aus der Fontana Trevi (nach Abt. I, S. 594, Brunnen Nr. 3) 200 Sekundenliter. Nach einer alten Sage zieht die Fee des Brunnens jeden Fremden wieder nach Rom zurück, der beim Abschied hier Wasser trinkt und eine Münze (!) in das Becken wirft.

Unter den französischen Städten sind es hauptsächlich Paris und Versailles, welche zahlreiche schöne Monumentalbrunnen aufweisen. Über die öffentlichen Zierbrunnen in Paris handeln eine Reihe von Werken mit zum Teil musterhaften Zeichnungen (vgl. außer den im Text genannten auch [14], [15], [16]).

Eines dieser Werke, welches 92 ältere, künstlerisch ausgeführte dabei merkwürdig einfache Brunnen beschreibt, hat den Titel: „Les fontaines de Paris anciennes et nouvelles," chez Bance ainé, éditeur et propriétaire 1828. Bemerkenswert und für deutsche Lande zur Nachahmung

empfohlen sind die sinnreichen Inschriften auf vielen französischen Brunnen. Es wird nicht unangebracht sein, hier wenigstens zwei dieser Epigramme wiederzugeben. Über der F o n t a i n e d e s p e t i t s - p è r e s steht oben:

„Quae Dat Aquas, Saxo Latet Hospita Nympha Sub Imo;
Sic Ut, Cum Dederis, Dona Latere Velis.“ Santeuil 1671.

Darunter die französische Übersetzung:

„La nymphe, qui donne cette eau, Au plus creux du rocher se cache:
Suivez un exemple si beau; Donnez, sans vouloir qu'on le sache.“ M. Bosquillon.

Ein anderer Brunnen: Château d'eau, Place du Palais Royal, trägt die lateinischen Worte: „Quantos effundit in usus“ und die französische Übersetzung: „Pour combien d'usages elle épanche ses eaux.“ Diese und manche andere sinnigen Sprüche geben an französischen Brunnen dem Vorübergehenden auch ein nachhaltiges Geleitwort, wie zum Andenken, mit auf den weiteren Weg.

Mehr die künstlerische Ausschmückung und reiche architektonische Wirkungen von Springbrunnen zeigen die schönen Zeichnungen auf vielen großen Tafeln (50 × 80 Zentimeter) in dem Werke [14].

Indem wir auf den Inhalt vorstehend genannter Werke verweisen, bringen wir in untenstehender Zeichnung eine Abbildung des bekannten vielfach vorbildlich gewordenen Springbrunnens auf der Place de la Concorde in Paris. Es befinden sich dort zwei gleiche Springbrunnen nach der hier abgebildeten Fig. 470. Beiden fließen die Wässer (je 50 Sekundenliter nach Abt. I, S. 594) in reicher Fülle aus dem Reservoir bei der Barrière de Monceau zu und ihr Wasserreichtum wird scheinbar vervielfacht, da dieselben Mengen wiederholt sich am Spiel beteiligen. Jedes der runden unteren Bassins hat 16,5 Meter Durchmesser, aus denen sich je zwei kleinere Becken übereinander erheben. Das unterste Bassin ist mit sechs Tritonen und Nereiden besetzt, welche Delphine

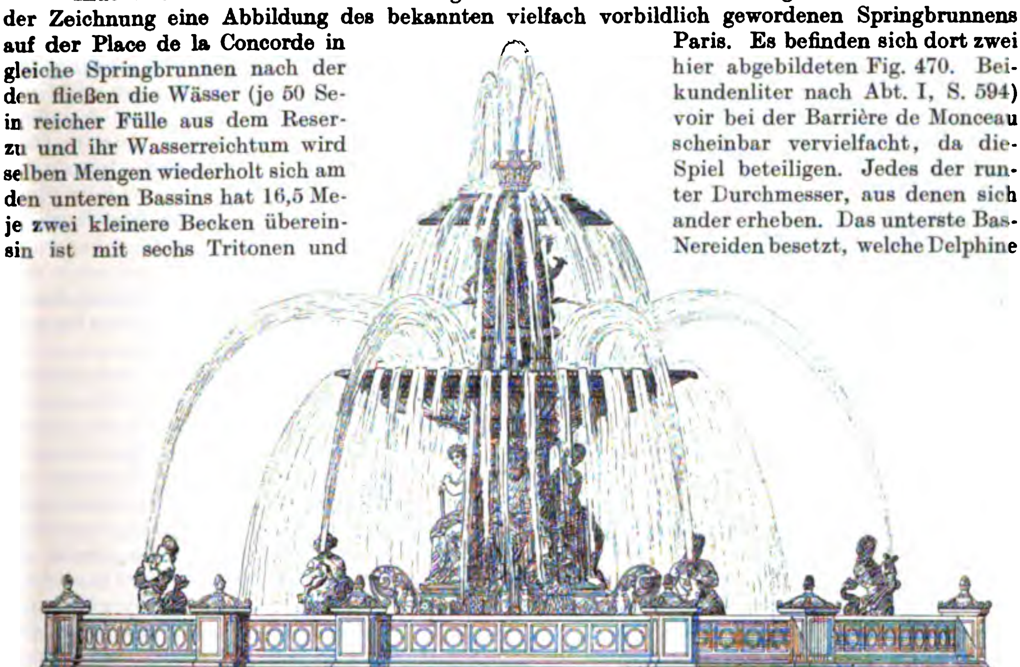


Fig. 470. Fontäne auf der Place de la Concorde in Paris.

halten, die ihren Wasserstrahl in das mittlere Becken speien. Die Figuren, welche das zweite Becken tragen, stellen den Atlantischen Ozean und das Mittelländische Meer dar, die Genien unter dem obersten Becken die vier Arten der Fischerei.

Die großartigen Wasserkünste von V e r s a i l l e s sind so bekannt und so vielfach beschrieben, daß wir hier nicht näher darauf einzugehen brauchen; wir verweisen auf das große reich illustrierte Werk: Gille, Ph., Versailles et les deux Trianons, 2 Bände, Paris o. D., ferner Gavin, Les eaux de Versailles, Paris o. D. und die überall beziehbaren Photographien der Parks, der Brunnen etc.

Auch in D e u t s c h l a n d finden sich sehr viele monumentale Brunnen (sogenannte Wasserkünste), ältere z. B. in den Schloßgärten von Schwetzingen, Herrenhausen bei Hannover [17], Wilhelmshöhe bei Kassel, Nymphenburg, Sanssouci [18] u. s. w., neuere auf öffentlichen Plätzen, in nahezu allen größeren Städten und in den Gartenanlagen der verschiedenen Residenzschlösser. Von neueren Monumentalbrunnen seien außer den schon S. 287 erwähnten genannt: der Hansabrunnen in Hamburg [19], der Schloßbrunnen in Berlin, der Marktbrunnen in Lübeck, der Mende-Brunnen



Fig. 471. Manzel-Brunnen in Stettin.

in Leipzig, der Wittelsbachbrunnen und der Fischbrunnen in München, die Cholerasäule und der Gänsediebbrunnen in Dresden, der Monumentalbrunnen in Erfurt [20], der Hasselbach-Brunnen in Magdeburg (vgl. auch [21]).

In Fig. 471 geben wir eine Abbildung des von L. Manzel [31] entworfenen Monumentalbrunnens in Stettin (enthüllt am 23. September 1894), welcher zum Andenken an die Erbauung des Stettiner Freihafens auf dem Platze zwischen dem Rathause und der Post errichtet und mit Symbolen der Schiffahrt und des Handels geschmückt ist. Zwei Nixen erschließen durch Lüften des Gesteins reichliche Wassermassen und lassen dieselben über wilde Felsgruppen stürzen. Ein langgestreckter Überfall leitet das Wasser sodann in feinem Schleier herab in das Bassin, auf dessen Wasserspiegel ein gewaltiger Delphin die ankommenden Wasser verschluckt und sie in den Ablauf befördert. Der herabfallende Wasserschleier ist ein schönes Beispiel für die Kohäsion des Wassers, wie es auch an den bekannten Wasserglocken beobachtet werden kann, welche durch Überfall an runden Becken sich bilden und durch das gaukelnde Spiel ihres geschlossenen Wassermantels, der jedem Windhauch nachzugeben scheint, ohne zu zerreißen, kleinere Zierbrunnen beleben. Beachtenswert ist hierbei die nach innen gekehrte Parabelform, die sich infolge der beschleunigten Fallgeschwindigkeit und Gegenwirkung der Kohäsion zu einer durchsichtigen Röhre um den Schaft des Beckens ausbildet. Der rasch fallende Wassermantel reißt beständig Luft mit in die Tiefe, und zwar sowohl auf seiner Vorderseite wie auch auf der Rückseite. Letztere kann nicht leicht aus der Atmosphäre ersetzt werden, da sie durch den Mantel von ihr getrennt ist. Daher entsteht eine Luftverdünnung. infolge welcher die äußere Luft den Mantel nach innen drückt, wobei die Kohäsion des Wassers den Zusammenhang wahrt. Von Interesse ist bei dem Manzel-Brunnen seine Versorgung mit Wasser. Der Wasserverbrauch beträgt 200 Kubikmeter in der Stunde; davon werden 120 Kubikmeter durch eine im Keller des Rathauses aufgestellte, elektrisch betriebene, doppelt wirkende Zwillingspumpe mit unter 90 Grad versetzten Kurbeln geliefert; diese 120 Kubikmeter fließen aus 10 Röhren von verschiedener Größe ohne Druck unter den Felsgruppen des Monumentalbrunnens aus, sammeln sich in dem tiefer gelegenen Becken und gelangen in einen Schacht, aus dem die Pumpe das Wasser wieder absaugt, so daß ein steter Kreislauf stattfindet. Das Wasser wird der städtischen Leitung entnommen und etwa alle 10 Tage erneuert. Außerdem fließen von dem etwas höher gelegenen Springbrunnen am Viktoriaplatz und von dem Monumentalbrunnen am Berlinertor die Abwasser mit 80 Kubikmeter pro Stunde dem Manzel-Brunnen zu. Beide Brunnen werden mit-



Fig. 472. Fontäne auf dem Schloßplatz in Stuttgart.

tels elektrisch betriebener Pumpen gespeist. Diese Art der Wasserversorgung der Brunnen erwies sich in Anbetracht der örtlichen Verhältnisse als die billigste. Bei unmittelbarer Speisung aus der städtischen Leitung würden die Brunnen bei zehnstündiger Betriebsdauer 2000 Kubikmeter Wasser verbrauchen, d. i. etwa der achte Teil des (1898) größten Wasserverbrauchs der ganzen Stadt in 24 Stunden.

Die Pumpen stehen etwa in der Höhe des Manzel-Brunnens, haben ein gemeinsames Saugrohr aus dem Manzel-Brunnenschacht von 250 Millimeter Lichtweite; die Saughöhe beträgt samt Widerständen 4,5 Meter. Die Rohranschlüsse bei Pumpe I sind 200 Millimeter, bei Pumpe II 175 Millimeter weit. Der Gleichstrommotor für Pumpe I leistet 6,5 Pferdestärken, der für Pumpe II 25 Pferdestärken, beide bei 120 Volt Spannung. Die elektrische Anlage ist von den Stettiner Elektrizitätswerken eingerichtet, die auch den Strom zum Betriebe der Motoren liefern. Die Gesamtkosten der Maschinenanlage nebst Rohrnetz betragen 37000 Mark. Der Betrieb stellt sich auf rund 3 Pfennig pro Kubikmeter gehobenen Wassers. Vgl. a. [35], [36], [38].

Die Pumpen haben folgende Verhältnisse (nach Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1899, S. 666):

		Pumpe für den Manzel-Brunnen	Pumpe für die beiden höher gelegenen Brunnen
Fördermenge	cbm/Stde.	120	80
Förderhöhe	m	8	37
Zylinderdurchmesser	mm	120	94
Kolbenhub	mm	300	270
Umdrehungen in der Minute		190	226

Zwei sehr schöne Brunnen schmücken den Schloßplatz in Stuttgart; jeder dieser Springbrunnen (Fig. 472) verbraucht 36 Sekundenliter Wasser (s. Abt. I, S. 594). Die Brunnen spielen täglich nur von 11 Uhr Vormittags bis 1 Uhr Nachmittags. Sie sind ganz in Gußeisen erstellt und stammen aus dem Kgl. württ. Hüttenwerk Wasseralfingen. Das steinerne Bassin hat ca. 10 Meter Durchmesser. Charakteristisch sind die unter der großen Schale auf wassersprudelnden Delphinen reitenden Figuren, welche je vier Flüsse, darunter die beiden württembergischen Ströme „Donau" und „Neckar", symbolisieren, indem sie, in Gewänder der einzelnen Gaue gekleidet, mit den Attributen der daselbst gepflegten Gewerbe ausgerüstet sind. Es trägt: die Donau, die durch fruchtbare Felder fließt, einen Schnitter mit Sichel und Garben, die Tauber, aus dem gesegneten Weintal, einen Winzer mit Bachuskelch, die Jagst, von den Viehtriften, einen jungen Hirten mit Stab und Schalmeien, die Nagold, aus waldreichem Gebiet kommend, einen Jäger mit Falke und Speer, der Neckar, der Schiffahrt dienend, einen Merkur mit Flügel und Ruder, der Kocher, durch erzreiche und salzgewinnende Täler fließend, einen Knappen mit Hammer und Schlegel, die Fils, von den fleißigen Wollspinnern, einen Schäfer bei der Schafschur, und die Enz, aus den holzreichen Wäldern des Schwarzwalds, einen Flößer mit der Axt.



Fig. 473. Brunnen im Stadtgarten in Karlsruhe i. B.

Schließlich sei noch der in Fig. 473 dargestellte Brunnen im Stadtgarten zu Karlsruhe i. B. erwähnt. Aus der Mitte der Muschel steigt ein senkrechter Strahl empor, der in die Muschel zurückfällt und über den gezackten Muschelrand herunterrieselt. Zur Erreichung größerer Steighöhe gibt man bisweilen dem Mundstück eine schwache Neigung, so daß der Strahl nicht in sich selbst zusammenfällt, sondern der absteigende Ast der Parabel dicht neben dem aufsteigenden liegt. Um Abwechslung in das einförmige Spiel eines senkrechten Strahls zu bringen, versieht man das den Strahl auffangende Becken mit einem oder mehreren hohlen Messingkugeln, die von dem Strahl ergriffen mit in die Höhe genommen werden und oben, wo die Strahlgeschwindigkeit Null ist, oft eine geraume Zeit vom Wasser getragen wie ein artiges Ballspiel anzusehen sind. Damit die ab und zu etwas seitlich herunterfallenden Kugeln nicht über den Rand der Muschel geraten, wird diese mit einem feinen Drahtnetz umgeben. Auch ohne

Muschel oder Becken dient dieses Netz in Halbkugelform um das Mundstück angebracht zum Auffangen der Messingbälle.

Häufig findet man die in früheren Zeiten in verschiedenen Ländern Europas etc. erbauten sogenannten Wasserkünste in Gartenanlagen: Aquädukte, Monumentalbrunnen, Wasserfälle, Kaskaden, sogenannte Vexierbrunnen und andere Spielereien in reicher Abwechslung.

Im allgemeinen sind alle diese Anlagen kaum mehr dem heutigen Geschmack entsprechend; es ist auch eine große Seltenheit, daß man Wasser genug hat, um sie in ständigem Betriebe zu er-



Fig. 474. Oktogonschloß mit Herkules und Kaskaden in Wilhelmshöhe bei Kassel.

halten. Wir geben in den Fig. 474 u. 475 zwei Ansichten aus dem Park von Wilhelmshöhe bei Kassel, der durch seine Wasserkünste in weiten Kreisen bekannt ist. Einer besonderen Beschreibung bedürfen die Figuren nicht. Eine hervorragend schöne Disposition findet sich im Parke von Schönbrunn bei Wien, das sogenannte Gloriette mit der Neptunsgrotte, in Fig. 476 dargestellt.



Fig. 475. Aquädukt mit Wasserfall in Wilhelmshöhe bei Kassel.

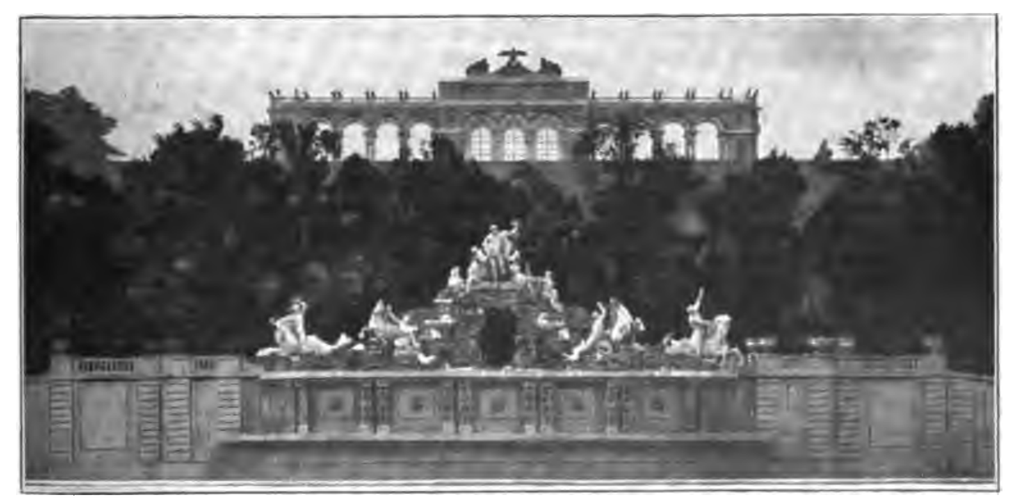


Fig. 476. Gloriette mit Neptunsgrotte in Schönbrunn bei Wien.

Gartenarchitekten empfehlen wir das Werk: Pilsudsky, M. v., Der Peterhof und seine Fontänen, St. Petersburg 1871, mit 21 photographischen Tafeln zur weiteren Orientierung.

Verschiedene Angaben zu deutschen Monumental- und Zierbrunnen. In der Sammlung „Deutsche Denkmale des XIX. Jahrhunderts" von **Märtens** sind eine Anzahl ausgeführter Monumentalbrunnen in Wort und Bild beschrieben; aus diesem Werke entnehmen wir bezüglich wichtiger Details und hinsichtlich des Aufwandes für Bau und Betrieb folgendes:

Benennung des Brunnens:	Baukosten:
1. Werth-Brunnen auf dem Alten Markt in Köln	25 000 Mark.
2. Plerrerbrunnen (s. Fig. 460) in Nürnberg	56 000 „
3. Hansabrunnen auf dem Hansaplatz in Hamburg	59 000 „
4. Marktbrunnen, 15 Kubikmeter Wasserverbrauch pro Stunde, in Lübeck .	26 550 „
5. Kaiser-Karl-Brunnen auf dem Fischmarkt in Hamburg	44 500 „

6. Mende-Brunnen auf dem Augustusplatz in Leipzig.
Ein 18 Meter hoher Obelisk mit Bronzefiguren; die Legierung der Bronze besteht aus 91 Prozent Kupfer, 5 Prozent Zink, 3 Prozent Zinn, 1 Prozent Blei.
Der Wasserverbrauch beträgt 20 Kubikmeter pro Stunde; im Jahre 1890 entstand hieraus bei 12,5 Pfennig Selbstkosten pro Kubikmeter Wasser zusammen ein Aufwand von 4175 Mark.
Das Wasser wird mit Körtings Strahlapparaten aus dem Bassin angesaugt.
Die Kosten haben betragen:

a) Zwei Preiskonkurrenzen	9 545 Mark		
b) Vertrag mit dem Architekten Gnauth . . .	10 000 „		
c) Vertrag mit dem Bildhauer Ungerer . . .	25 000 „		
d) Betongründung	5 572 „		
e) Hebewerkzeug und Bauplatzabschluß . . .	5 924 „		
f) Granitlieferung 99 Kubikmeter à 380 Mark .	37 400 „		
g) Maurerarbeiten am Postament	9 380 „		
h) Felsgruppen im Wasserbassin	1 050 „		
i) Bronzeguß von v. Miller, München	57 860 „		
k) Hilfsarbeiten bei der Aufstellung	500 „		
l) Wasserzuleitung (200 Meter lang)	2 130 „		
m) Wassereinrichtung des Zierbrunnens	4 800 „		
12 Wasserspeier von Delphinen 12 „ von Genien am Sockel des Obelisken 12 „ von Nixen und Tritonen. 36 Ausgußröhren zusammen.			
n) Abflußleitung	1 929 „		
o) Bauführung und Sonstiges	3 940 „	insgesamt	175 000 „

Der Brunnen wurde auf Grund eines Vermächtnisses einer Frau M. P. Mende von 150 000 Mark an die Stadt Leipzig erstellt.

7. Kaiser-Maximilians-Brunnen in Bamberg, pro Stunde 4,400 Kubikmeter Wasser, Installation 525 Mark, Gesamtkosten	59 325 „
8. Hasselbach-Brunnen in Magdeburg, vier Löwenköpfe speien pro Stunde 6,5 Kubikmeter Wasser	75 000 „

In der Deutschen Bauzeitung 1891, Nr. 85 ist dieser Brunnen von Stadtbaurat Peters in Magdeburg mit Abbildungen veröffentlicht; er hat bequemen unterirdischen Zugang zu den Wasserröhren der Löwenköpfe.

9. Heinrichsbrunnen in Braunschweig, 9,1 Meter hoch, 11,28 Kubikmeter Wasser pro Stunde.

Die Kosten betrugen:

a) Dem Bildhauer und Erzgießer für:

Die Hauptfigur, Modell . . .	3000 Mark		
Bronzeguß . .	9000 „	12 000 Mark	
3 Wappenlöwen, Modell . . .	4200 „	„	
Bronzeguß . .	9000 „	13 200 „	
3 Wasserspeier, Modell . . .	750 „	„	
Bronzeguß . .	2700 „	3 450 „	

b) Erd- und Fundierungsarbeiten	4 800	Mark		
c) Steinhauerarbeit (Dolomit b. Eschershausen) .	14 000	„		
d) Bildhauerarbeiten	3 200	„		
e) Aufstellung, Gerüste, Pflaster	3 200	„		
f) Einrichtung der Wasserleitung	600	„	insgesamt	54 450 Mark.

Märtens sagt über die Erhaltung der Bronzefiguren: „Alle Bronzeornamente, welche vom Wasser bespült werden, zeigen eine hellgrüne Patina, die obere Hauptfigur (Kaiser Heinrich) aber hat leider ein stumpfes eisern rauhes Aussehen. Wie leicht ließe sich gerade bei Statuen das periodische Abspritzen vornehmen!“ (Hierdurch würde eine ähnliche grüne Patina erhalten.)

10. Schloßbrunnen mit Neptun von R. Begas in Berlin.

Die Kosten betrugen:

a) Erdarbeiten	1 300	Mark		
b) Ziegelmauerwerk des Unterbaues	10 000	„		
c) Beckenrand aus poliert. schwed. Granit, rot	25 550	„		
d) Terrazzo des Beckenbodens	900	„		
e) Antrittstufen aus schles. Granit, grau . .	5 660	„		
f) Granitunterlagen für die vier Wassertiere .	700	„		
g) Bronzeguß aller Teile	253 800	„		
h) Pflasterarbeiten	2 050	„		
i) Installation der Wasserleitung	4 500	„		
k) Bauleitung und Sonstiges	6 100	„	insgesamt	310 560 „
Hierzu kommen noch für die Modellierungen (Künstlerhonorar) . . .				240 000 „

Der Betriebsaufwand für diesen Monumentalbrunnen stellt sich sehr hoch; der Wasserverbrauch pro Stunde ist 69 Kubikmeter, die Stadt Berlin rechnet sich den Kubikmeter zu 10,8 Pfennig, somit kostet eine Stunde des Wasserspiels 7,60 Mark. Der Brunnen springt daher nur zeitweise. Märtens bedauert, daß der Brunnen nicht immer springt, „nicht mit Wassermengen, wie die lockenden Wasserspiele in Rom bei Tag und Nacht; aber mindestens sollte er mit 10 Kubikmeter Wasser pro Stunde immer benetzt bleiben“. Erwähnenswert ist hier noch, daß die beiden Springbrunnen auf dem Pariserplatz in Berlin zusammen pro Stunde 75 Kubikmeter Wasser verbrauchen, also an Betriebskosten in einer Stunde 8,1 Mark erfordern.

Als Zimmerspringbrunnen und überhaupt für kleine Verhältnisse sieht man da und dort Anlagen, welche unter den Namen Heronsbrunnen oder Luftdruckspringbrunnen bekannt sind.

In diesem Falle wird in einem teilweise mit Wasser gefüllten, luftdicht schließenden Gefäße durch Verdichten der über dem Wasser enthaltenen Luft ein ausfließender Strahl erzeugt. Wir verweisen bezüglich dieser unwichtigen Spielerei auf das D. R.-P. 5538 Luftdruckfontäne Tippner, und auf [25], [26], [27].

Leuchtfontänen. Dem Geschmacke der Neuzeit entsprechend sind an verschiedenen Orten, hauptsächlich bei Ausstellungen, Springbrunnen mit farbigen Strahlen eingerichtet worden, wie sie schon in früheren Zeiten von wandernden Physikern bei Aufführung von allerlei Kunststücken unter den Namen „Kallospinthochromokrene, Kristallochromokrenekallospinthe u. s. w.“ gezeigt worden sind.

Das Kunststück besteht darin, daß die Wasserstrahlen von einem unter dem Sprungstock der Fontäne befindlichen Schachte aus durch eine im Brennpunkt eines parabolischen Spiegels angeordnete Bogenlampe, deren vom Spiegel zurückgeworfene Strahlen durch farbige Gläser gehen, beleuchtet werden. Die Wasserstrahlen behalten nach dem Austritte aus dem Beleuchtungsraum die Farbe bei und das so in den verschiedensten Abwechslungen gebotene Schauspiel leuchtender, scheinbar gefärbter Wässer macht vielen Leuten Vergnügen. Näheres über die Anordnung von Leuchtfontänen in [28], [29] und [33], worauf wir, sowie auf die D. R.-P. 71 452, 95 108, 103 175 verweisen.

Literatur
über freistehende Brunnen.

[1] Beschreibung eines Straßenbrunnens mit Differentialkolben für Hochdruckwasserleitung. Bayr. Gewerbebl. 1878, S. 289. — [2] Borne fontaine à repoussoir. La Semaine de constr., Bd. 4 (1880), S. 438. — [3] Scholz, Neue Berliner Straßenbrunnen. Rombergs Zeitschr. f. prakt. Baukunst. Bd. 41 (1881), S. 61. — [4] Automaten mit warmem Wasser. Journ. f. Gasbel. u.

Wasservers. Bd. 32 (1892), S. 655. — Girond, Fontaine à eau chaude, placé sur la voie publique. Rev. ind. 1893, S. 324. — [5] Denans, Borne fontaine filtrante. Nouv. Ann. de la constr. 1878, S. 107. — [6] Schubert, Claire, Die Brunnen in der Schweiz. Frauenfeld 1885. — [7] Les nouvelles fontaines Wallace de la ville de Paris. Nouv. Ann. de la constr. 1878, S. 107. — [8] v. Bach, C., Die Konstruktion der Feuerspritzen. Stuttgart 1883. — Taschenbuch der Hütte. Berlin 1896, S. 255. — [9] Gerstner, E., Das Großherzogl. Hofwasserwerk in Karlsruhe. Karlsruhe 1871. — [10] Die Bewässerungs- u. Springbrunnenanlage des Kölner Stadtwaldes. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 332. — [11] Fontänenmundstücke. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 25 (1882), S. 148. — [12] Flader, Kombiniertes Strahl-Sprühmundstük. Glasers Annalen. Bd. 41 (1897), S. 116. — [13] Teirich, V., Über Brunnen und deren künstlerische Durchbildung; mit Illustrationen nach Originalaufnahmen des Verfassers. Gewerbehalle 1870, Heft 7. — [14] Visconti, L., Fontaines monumentales construites à Paris o. D. Sammlung vieler prächtiger Tafeln mit Schnitten. — [15] Boussard, Choix de fontaines décoratives. Paris 1879 (50 Blatt Zeichnungen). — [16] Fontaines de la place de la république, Paris. Nouv. Ann. de la constr. Bd. 28 (1882), S. 179. — [17] Rühlmann, Die sogenannte Kunst- und die Springbrunnenanlage in Herrenhausen bei Hannover. Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Ver. Hannover. Bd. 37 (1891), S. 305. — [18] Gottgetreu, M., Der Fontänenbau in Sanssouci. Berlin 1853. — [19] Pfeifers Hansabrunnen in Hamburg. Deutsche Bauztg. 1878, S. 347. — [20] Monumentalbrunnen in Erfurt. Erbkams Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 419. — [21] Öffentliche Zierbrunnen. Deutsches Baugewerksbl. Bd. 3 (1884), S. 373. — [22] Süddeutsche Bauzeitung. 1895, Nr. 39, S. 343. — [23] Darcy, H., Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Paris 1856. — [24] Dupuit, J., Distribution des eaux. 2. Aufl. Paris 1865. — [25] Storer, Self-acting or Hero's fountain. Mechan. Mag. N.S. Bd. 25 (1872), S. 78. — [26] Zwei Luftdruckspringbrunnen. Zeitschr. f. Blechindustrie. 1878, S. 26. — [27] Fontaine hydro-pneumatique Mortier. Comptes rend. de la société de l'industr. minérale. 1889, S. 47. — [28] Morton, Illuminated fountains. Frankl. Journ. 3 S. Bd. 59 (1870), S. 358. — [29] Peschek, Die leuchtenden Springbrunnen auf der Pariser Weltausstellung 1889. Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 379. — [30] Schlöbcke, Römische Wasserleitungen und Bäder, Zeitschr. d. Ver. d. Ingen. 1896, S. 1217. — [31] Der neue Monumentalbrunnen in Stettin. Zentralbl. der Bauverwaltung 1898, S. 477. — [32] Die Flugbahn von Wasserstrahlen. Eng. Rec., 18. Febr. 1899. — [33] Das Wasserschloß der Pariser Ausstellung. L'Eclairage Electrique 1900, S. 201. — [34] Vorrichtung zur Beschränkung der Wasserabgabe aus Straßenbrunnen und Hähnen. La Technologie Sanitaire 1901, S. 151. — [35] Neuartige Speisung der Springbrunnen beim Abgeordnetenhause in Wien mit dem Abwasser des Brunnens durch Elektromotor. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1902, S. 781. — [36] Brunnen am Platze vor dem Brandenburger Tor in Berlin mit Elektromotorbetrieb. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 165. — [37] Die größten Sprunghöhen der Springbrunnen. Ebenda 1904, S. 856. — [38] Wasserversorgung der Kunstbrunnen. Zentralbl. der Bauverwaltung 1904, S. 538. — [39] Straßenbrunnen in Koeta Radja auf Sumatra. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 756.

Deutsche Reichspatente
für freistehende Brunnen.

Nr. 338. Strahlapparat bei Springbrunnen. Berndt. — Nr. 1814. Springbrunnenaufsatz mit Wassermühle und Gasbeleuchtung. Hahn. — Nr. 15 243. Springbrunnenmundstück. Boeckmann. — Nr. 17 649. Springbrunnenmundstück. Boeckmann. — Nr. 22 366. Rotierende Brause. Weiland. — Nr. 37818. Rasensprengapparat bezw. Springbrunnenaufsatz. Jansen. — Nr. 64511. Vorrichtung zur indirekten Ausnutzung des Druckes einer Hochdruckwasserleitung für transportable Springbrunnen etc. Frank. — Nr. 71 452. Elektrisch durch farbige Scheiben beleuchteter Springbrunnen. Singer. — Nr. 97 612. Mundstück für Springbrunnen. Reinecken. — Nr. 103 175. Zusatzpat. zu Nr. 95 108. Einrichtung zur Beleuchtung von Springbrunnen. Engelsmann. — Nr. 106 125. Springbrunnenaufsatz. Hollingsworth. — Nr. 110 915. Entleerungsvorrichtung für Ventilbrunnen. Behn. — Nr. 118 771. Ventil- und Hydrantbrunnen, Pörringer & Schindler. — Nr. 123 866. Ventilsparhahn für Brunnen. Gut. — Nr. 133 492. Ventilbrunnen mit Ejektorabsaugung. Pörringer & Schindler. — Nr. 145 057. Vorrichtung zur Rückspülung des Filters in Brunnen. Meyer. — Nr. 181 159. Frostfreier Brunnenständer. Schott.

§ 59. Hauseinrichtungen und Einrichtungen für gewerbliche Betriebe.

Hierher zählen wir diejenigen Einrichtungen, welche in der Regel aus mehr oder weniger komplizierten Apparaten zur selbsttätigen Entnahme von Wasser bestehen, wie die Spülkasten der Wasserklosetts, die Toilette- und Badeeinrichtungen u. s. w. Diese Apparate sind teils in ihrem Zusammenhange mit dem öffentlichen Rohrnetz einer städtischen Wasserversorgung wegen der hydraulischen Kommunikationen, teils aber auch deswegen sehr zu beachten, weil sie besonders im Sommer, wenn ohnedies die Wasserversorgung auf maximale Leistungsfähigkeit angestrengt zu werden pflegt, stets bedeutende Wassermengen konsumieren.

Im nachfolgenden werden im wesentlichen nur die Prinzipien dieser Einrichtungen besprochen werden. In die Details dieser Apparate ist hier des weiteren nicht eingegangen. In dieser Hinsicht begnügten wir uns, hinzuweisen auf die Literatur und die große Anzahl von Patenten, welche z. B. auf Badeeinrichtungen und Wasserklosetts erteilt worden sind; nur wenige typische Vertreter dieser Apparate wurden wiedergegeben. Das Patentverzeichnis erstreckt sich auch auf die den Badeeinrichtungen zugehörigen Badebatterien, Mischhahnen, Waschtoiletten und auf die Selbstverkäufer.

Besondere Berücksichtigung dagegen haben die Einrichtungen gefunden, welche enorme Wassermengen den Rohrnetzen entnehmen, wie die Lokomotivwasserkranen und die hydraulischen Aufzüge. Für die ersteren bestehen wohl in der Regel besondere Wasserversorgungsanlagen, wenn es sich um Bahnhöfe handelt, die im Lande verteilt liegen; in den großen Städten sind sie jedoch in der Mehrzahl an das allgemeine Rohrnetz angeschlossen und erfordern ganz besondere Vorkehrungen zur Befriedigung des großen Wasserbedürfnisses und zum Schutze des Rohrnetzes gegen Rückwirkung bei der Entnahme des Wassers. Bei dieser Gelegenheit sollen die auch sonst bei Wasserversorgungen häufig nötigen Windkesseleinrichtungen ausführlich erörtert werden.

Die hydraulischen Aufzüge sind zwar in neuester Zeit durch die elektrischen Aufzüge zum Teil verdrängt worden; da es ihrer aber doch noch hin und wieder in den Städten gibt*) und die Folgen der Wasserentnahme jenen für die Lokomotivwasserkranen gleichen, so konnte deren Besprechung in einem hier stattfinden. Den größten Umfang nehmen die Abhandlungen über die „Filter für Haus und Gewerbe" ein. Besonders auf letztere ist in Rücksicht auf die immer geringere Ausgiebigkeit der Quellen für die öffentliche Wasserversorgung und die dadurch erforderliche Heranziehung anderer Gewässer für die Bedürfnisse der Industrie mit der notwendigen Reinigung, Enteisenung, Ozonisierung, gebührend Wert gelegt.

A. Spülapparate für Wasserklosetts.

Unter allen Einrichtungen, die in eine Hauswasserleitung eingebaut sind, stehen die Klosettspülapparate bezüglich der Mannigfaltigkeit der Konstruktionen und Empfindlichkeit im Betriebe obenan. Zunächst sollen die allen Apparaten gemeinsamen Eigentümlichkeiten und dann einige Konstruktionen im einzelnen besprochen werden.

Es ist in vielen Städten verboten und sollte überall verboten werden, daß die öffentlichen Wasserleitungen, als deren Ausläufer die Hausleitungen zu betrachten sind, an den Klosetts mittels der sogenannten Klosetthähne nach Fig. 477 eine direkte Ver-

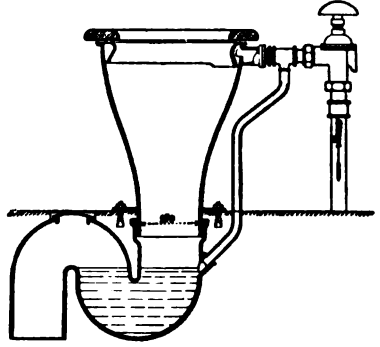
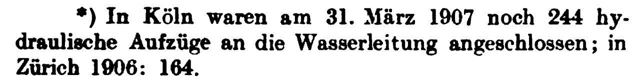


Fig. 477. Unzulässiger Anschluß der Wasserleitung an Klosetts.



*) In Köln waren am 31. März 1907 noch 244 hydraulische Aufzüge an die Wasserleitung angeschlossen; in Zürich 1906: 164.

bindung erhalten. Eine Infektion der Leitungen ist bei ihrer direkten Berührung mit den Klosetts unausbleiblich. Bei etwaigem Einmünden des Wasserleitungsrohrs in die Klosettschüssel kann der Fall eintreten, daß die Schüssel, im Auslauf verstopft, gefüllt stehen bleibt, während durch einen Rohrbruch oder sonstigen Defekt auch durch Arbeiten, Entleeren u. dgl. am Rohrnetz oder durch Einsaugen der oberen Hähne, bei engen Hausleitungen, wenn im unteren Stockwerk viel Wasser entnommen wird (s. Abt. I, S. 832 f.), eine rückläufige Bewegung des Wassers in den Leitungen herbeigeführt und der Schüsselinhalt in die direkt angeschlossene Leitung eingesaugt wird. Um diesen Übelstand zu vermeiden, ist es notwendig, Klosett und Leitung voneinander zu trennen, und die gewünschte Spülung nur unter Vermittlung eines räumlich entfernten Spülbehälters zu bewerkstelligen; vgl. [7], [12], [13], [14].

Die Spülapparate bestehen demgemäß aus Behältern (s. Fig. 478), die 1,5 bis 2,5 Meter hoch über den Klosetts an der Wand oder auf Konsolen angebracht, durch die Wasserleitung direkt oder mittels Schwimmkugelventils gefüllt und bei der Benutzung durch ein heberartig wirkendes Abfallrohr in das Klosett entleert werden. Eine direkte Berührung des Abfallrohres mit der Klosettschüssel, welche immerhin noch eine Infektion des Spülapparates ermöglicht, also der Kontakt des Behälterinhaltes mit der Klosettschüssel, kann noch dadurch verhindert werden, daß das Abfallrohr nicht ununterbrochen vom Behälter nach der Schüssel geführt, sondern durch einen Auffangtrichter, der den Behälterinhalt zunächst vom Heberabfallrohr aufnimmt und durch ein anschließendes Abfallrohr nach der Schüssel leitet, unterbrochen wird.


Fig. 478. Anordnung eines Klosettspülapparates.

Ein Zurücksaugen des Schüsselinhaltes wird schon durch die Einschaltung des Spülapparates verhindert, da bei etwa am Rohrnetz eintretenden Rohrbrüchen u. dgl. das in der Zuleitung rücklaufende Wasser höchstens so viel Wasser aus dem Spülapparat nachsaugen kann, bis die Ausmündung des Einlaufhahnes an die Luft tritt. Es kann durch geeignete Konstruktion, etwa durch Aufwärtsbiegen des Auslaufrohres auch dieser direkte Zusammenhang des Leitungswassers mit dem Spülwasser, das ja durch langes Unbenutztstehen faul werden kann, aufgehoben werden und dann erst ist die Installation des Klosettspülapparates in Rücksicht auf die öffentliche Wasserversorgung hygienisch einwandfrei. Aus den im folgenden ersichtlichen Konstruktionen wird zu entnehmen sein, inwieweit die Fabrikate den Anforderungen gerecht werden.

Die Klosettspülapparate haben den gemeinsamen, aber begründeten Übelstand, daß sie infolge undicht gewordener Ventile den Wasserverbrauch erhöhen. Dem ist jedoch, wie bei allen Zapfstellen, durch frische Belederung des Schwimmerventils oder des Ablaßventils abzuhelfen und mit Rücksicht darauf, daß geringe Wasserquantitäten, wenn sie immer durch den Apparat fließen, das Wasser im Apparat nicht faul werden lassen, kann der defekte Zustand ohne Gefahr belassen werden. Absolut dicht schließende Ventile wird es bei der allgemeinen Beschaffenheit des Wassers, Fremdkörper oder Steinablagerungen auszuscheiden, nie, wenigstens nicht auf die Dauer geben.

Beschreibung einzelner Konstruktionen von Spülapparaten.

Der in Fig. 479 im Längsschnitt gezeichnete Spülapparat „Einfach" von Breuer & Cie., Höchst a. M., funktioniert in der Weise, daß ein Behälter, der durch die Wasserleitung langsam angefüllt wird, nach erfolgter Füllung rasch seinen ganzen Inhalt entleert, wenn man mittels einer Zugkette ein Ablaßventil schnell öffnet. Die Zeitdauer der Füllung ist von den jeweiligen Druckverhältnissen in der Zuleitung zum Spülapparat abhängig. Der Apparat hat einen gußeisernen Behälter B mit innen weiß emaillierten Seitenwänden und emailliertem Boden. Die Zuleitung des Wassers erfolgt oben links und wird mittels steigender Schwimmerkugel S durch ein kleines Einlaßventil E abgesperrt, sobald der Wasserspiegel diejenige Höhe erreicht hat, welche eine

Berührung mit dem vom Ventil E schräg an die linkseitige Kastenwand abwärts führenden Ausströmungsröhrchen noch nicht zu stande kommen läßt. In der Figur ist dieser Wasserstand gekennzeichnet durch die oberste Linie des Wasserspiegels. Ein Zurücksaugen des Kasteninhaltes in die Zuleitung ist also so lange nicht möglich, als das Einlaßventil E dicht schließt und weiteres Wasser nicht nachströmen läßt. Sein Ausströmungsröhrchen ist ferner deshalb so nahe an die Kastenwand herangeführt, um das Spritzen des Wassers beim Ausströmen auf den Wasserspiegel und das damit verbundene störende Geräusch zu verhüten. Vom Behälterboden nach abwärts zur Klosettschüssel führt das Spülrohr R. In der Mitte des Behälterbodens erhebt sich ein heberförmig oben umgebogenes Rohr H, das, aus Hartblei angefertigt, links das eingebaute Ablaßventil A enthält, rechts mit dem umgebogenen Ende bis nahe auf den Boden herabgeführt ist. Dieses Heberrohr H veranlaßt nun die eigentliche Funktion des Spülens, und weil seine Wirkung etwas unverständlich für denjenigen bleibt, der mit den physikalischen Gesetzen des Hebers weniger vertraut ist, so wird der Fehler bei mangelhafter Spülung oft in den Apparaten gesucht, während sie in der unrichtigen Handhabung des Hebers liegt.

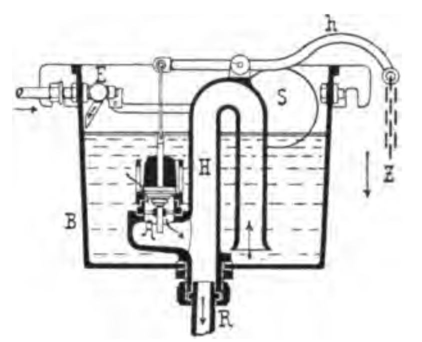


Fig. 479. Klosettspülapparat „Einfach“.

Aus der Zeichnung ist ersichtlich, daß das Heberrohr H in einiger Höhe über dem normalen Wasserspiegel umgebogen ist; es muß also, soll der ganze Behälterinhalt zu einer Spülung benutzt werden, die kräftig genug wirkt, um die Klosettschüssel gründlich zu reinigen, das Wasser in dem rechten, unten offenen Schenkel zu dieser Höhe emporzusteigen gezwungen werden, damit es in dem anderen Schenkel herabfallen und in das Spülrohr R gelangen kann, womit die Funktion des Hebers beendet ist. Dieser Zwang wird eingeleitet durch das Ablassen einer genügenden Wassermenge aus dem Behälter mittels des Ablaßventils A, das durch einen zweiarmigen Hebel an einer Zugkette Z gelüftet werden kann und das abgelassene Wasser in das Abfallrohr R leitet.

Die Wassermenge wird natürlich von dem ausgeübten Zug an der Kette Z abhängen; bei schwachem Zug lüftet sich das Ventil nur wenig und läßt nur eine geringe Wassermenge in das Abfallrohr R gelangen. Es muß aber diese herabfallende Wassersäule unbedingt den Querschnitt des Abfallrohrs R ausfüllen, so daß sie wie ein Kolben wirkt, der abwärts eilt und oberhalb einen luftleeren Raum zu bilden sucht. Wird der Querschnitt des Abfallrohrs R nun nicht ausgefüllt, so kann der Raum im Heber H oberhalb der sinkenden Wassersäule mit der Luft unterhalb im Abfallrohr fortgesetzt kommunizieren und die für das Aufsteigen des Wassers notwendige Luftverdünnung im Heber H kann somit nicht entstehen. Es ist in den meisten Klosetts die Vorschrift angebracht, daß „ein kurzer aber kräftiger Zug und ein alsbaldiges Nachlassen an der Kette erforderlich sei“. Durch diese Handhabung soll nämlich die genügende Wassermenge dem Behälter entnommen werden, die eine Saugwirkung in dem Heberrohr H zu stande bringt. Es kann eingewendet werden, daß bei anhaltendem Zug an der Kette durch das ganz geöffnete Ventil eine ebenso große Wassermenge zur Spülung gelangen könnte wie durch die Wirkung des Heberrohres. Dieser Einwand soll nun auf seine Berechtigung hin untersucht werden.

Nach den handelsüblichen Größen beträgt der Inhalt des Spülbehälters im Mittel 10 Liter, das Ablaufrohr hat gewöhnlich 25 Millimeter lichte Weite, der Durchmesser des Ablaßventils ist 50 Millimeter, die Höhe des Wasserspiegels über der Ventilsitzöffnung 80 Millimeter. Angenommen, an der Zugkette würde so stark gezogen, bis der rechtseitige Hebelarm h auf der Behälterwand aufliegt, womit die ganze Eröffnung des Ventils vollzogen sei. Bei der disponiblen Druckhöhe von 80 Millimeter = 0,08 Meter wird die sekundliche Wassermenge des Abflusses betragen:

$$Q = v \,.\, f = \sqrt{2\,g \,.\, 0{,}08\,\mathrm{m}} \cdot \frac{\pi}{4}\, 0{,}05^2 = 1{,}253 \text{ m } .\ 0{,}001\,963 \text{ qm} = 0{,}0025 \text{ cbm} = 2{,}5 \text{ Liter},$$

wobei auf Eintrittsverluste durch den laternenartigen Führungszylinder, in welchem sich das wegen des Auftriebes beschwerte Ablaßventil A führt, und auf die Verengung des Ventildurchlaßquerschnitts durch die untere Ventilspindel und deren Führungsstege etc. keine Rücksicht genommen wurde. Die aus dem Ventil in den Abzweig des Hebers gelangende Wassermenge muß nun auch das unten an dem Behälterboden anschließende Ablaufrohr von 25 Millimeter Lichtweite passieren, das einen freien Querschnitt von 0,000491 Quadratmeter hat, also nur ca. $^1/_4$ des Ventildurchlaßquerschnitts, demzufolge die gleiche Wassermenge erst bei der 4fachen Geschwindigkeit in das Abfallrohr eintreten könnte. Wenn nun angenommen wird, daß der aus dem Ventil A kommende Wasserkörper zusammenhängend bis zu dem Eintritt in das Ablaufrohr R fallen kann, so müßte er hierzu eine Geschwindigkeit = 4 . 1,253 Meter = rund 5 Meter pro Sekunde erlangen; da jedoch die Fallgeschwindigkeit nur durch die Höhenlage des Wasserspiegels erzeugt wird, die Höhendifferenz aber, wie der Figur genau genug entnommen werden kann, etwa 200 Millimeter

$= 0{,}2$ Meter beträgt, wobei die senkrechte Entfernung des Wasserspiegels bis zu dem oberen Querschnitt des Ablaufrohrs *R* in Betracht kommt, so berechnet sich die Geschwindigkeit zu annähernd $v_1 = \sqrt{2g \,.\, 0{,}20} = 2{,}0$ Meter und die Durchflußmenge wird daher: $Q_1 = v_1 f_1 =$ rd. 0,001 Kubikmeter $= 1{,}0$ Liter. Es wird also, nachdem beim ersten Öffnen des Ventils *A* 2,5 Liter ausgeflossen sind, infolge der Verengung des Abflußquerschnitts durch das Ablaufrohr *R*, unmittelbar über der Einmündung des letzteren eine Stauung des ausfließenden Wassers herbeigeführt, welche einen Teil desselben in dem zentralen Heberrohr *H* in die Höhe treiben wird. Also geschieht gerade das Gegenteil von dem, was der Heber bezwecken sollte.

Es sei nun angenommen, daß an der Kette nur sehr langsam gezogen worden sei. Dies hätte natürlich die Wirkung gehabt, daß zuerst eine geringere Wassermenge auszuströmen begann, welche den eben beschriebenen Vorgang abändert und zwar in der Weise, daß das Emportreiben des Wassers in dem zentralen Heberschenkel nicht eintritt und daß die Wasserentnahme, bei andauerndem Zug an der Kette, sich entsprechend der im Ablaufrohr *R* beim Herabfallen steigenden Geschwindigkeit stetig vermehrt. Das Maximum der Geschwindigkeit wird erreicht sein, wenn das Wasser die untere Mündung des Ablaufrohrs *R* (in der Klosettschüssel) erreicht hat, also frei ausfließt, und beträgt bei 2 Meter mittlerer Aufhänghöhe des Spülapparats über der Ausmündung ohne Rücksicht auf Druckverluste etc. annähernd $v_2 = \sqrt{2g \,.\, 2{,}0} = 6{,}3$ Meter. Durch die Reibungswiderstände im Abfallrohr und in den unvermeidlichen Bögen oder Winkeln wird diese Geschwindigkeit wesentlich reduziert; es soll aber bei der Betrachtung des Entleerungsvorgangs mit der soeben ermittelten Geschwindigkeit gerechnet werden. Da die größte Wasserentnahme aus dem Behälter erst dann eintreten kann, wenn das Rohr *R* ganz mit Wasser angefüllt ist, so nimmt der Wasserinhalt des Behälters dementsprechend ab; bei 2 Meter langem Ablaufrohr faßt das Rohr z. B. $l \,.\, f = 2{,}0$ Meter . 0,000491 Quadratmeter $= 0{,}00098$ Kubikmeter $=$ rund 1 Liter Wasser. Es verbleiben im Behälter somit noch $10 - 1 = 9$ Liter zurück, und der Wasserspiegel senkt sich um ein dem Querschnitt des Behälters entsprechendes Maß, das 1 bis 2 Zentimeter betragen kann, also eine belangreiche Änderung der Geschwindigkeit nicht zur Folge hat. Dies wäre der Zustand, wenn das Ablaufrohr *R* voll fließt und sein Wasser aus dem Ablaßventil *A* erhält, das immer als geöffnet angenommen wurde, daher der Behälterinhalt sich durch das Ventil *A* und nicht durch das Heberrohr *H* entleert. Die mit der oben berechneten Geschwindigkeit von 6,3 Meter das Ablaufrohr durchströmende theoretische Wassermenge beträgt nunmehr $Q_2 = v_2 f_1 = 6{,}3$ Meter . 0,000491 Quadratmeter $= 0{,}004$ Kubikmeter $= 3$ Sekundenliter, während durch das Ventil nur 2,5 Sekundenliter eintreten können. Die Folge wird sein, daß der Zusammenhang der abwärts eilenden Wassersäule im Rohr nicht bestehen bleiben kann, sie reißt ab. Im Augenblick des Abreißens wird zwar oberhalb des fallenden Stückes der Wassersäule eine Luftleere erzeugt, welche veranlaßt, daß nunmehr die äußere Luft auf den Wasserspiegel im Behälter drückt und die Eintrittsmenge vergrößert, gleichzeitig sinkt aber der Wasserspiegel mehr und mehr, bis er durch die daraufdrückende Luft durchbrochen wird, was Wirbeltrichter erzeugt und stoßweises Absetzen der Entleerung mit sich bringt.

Nun sei der andere Entleerungsmodus durch das Heberrohr betrachtet. Nach der Vorschrift: „kurzer kräftiger Zug und Nachlassen der Kette", wird zunächst eine bestimmte, begrenzte Wassermenge durch das Ventil *A* in den Raum unterhalb desselben eingelassen, wobei das Wort „kräftig" die Bedeutung hat, daß eine gewisse Kraft aufgewendet werden soll, um das immerhin schwere Ventil *A* auch wirklich zu lüften und nicht etwa nur die Kette *Z* zu spannen. Beim Nachlassen der kurz niedergezogenen Kette schließt sich das Ventil *A* und es beginnt das eingeschlossene Wasser im Ablaufrohr *R* wie ein abwärts gleitender Kolben zu sinken. Hierdurch wird die Luft im zentralen Heberschenkel *H* verdünnt, der äußere Luftdruck drückt den Wasserspiegel im Behälter nieder und bringt dessen Inhalt durch den rechtseitigen unteren offenen Heberschenkel zur Entleerung. Würde in dem Ablaufrohr *R* eine Luftverdünnung eintreten, die der Luftleere nahe käme, was indessen infolge von Undichtheiten und Luftgehalt des Wassers nie der Fall ist, so könnte das Wasser aus dem Behälter *B* etwa 10 Meter hoch in den rechtseitigen Heberschenkel *H* emporsteigen (vgl. Abt. I, S. 16 ff.). Aus der Figur ist aber zu entnehmen, daß der wieder absteigende Schenkel von *H* bereits mit 0,05 Meter mittlerer Höhe über dem Wasserspiegel des Behälters umkehrt. Es ist also das Wasser nur 0,05 Meter hoch zu heben, damit es im zentralen Abfallrohr *H* der Schwere folgen kann; daher wird nur eine Luftverdünnung von $0{,}05 : 10 = 0{,}005$ Atmosphären nötig sein. Um diese zu erzeugen, müssen sich nach dem Mariotteschen Gesetz die Volumina im Heber *H* vor Beginn der Saugwirkung und nach Eintritt derselben so verhalten, daß, wenn mit 1 die atmosphärische Spannung im Heber *H* bezeichnet wird, nachdem das Ventil *A* geschlossen hat und diese Spannung um 0,005 Atmosphären geringer werden, also nur noch $1 - 0{,}005 = 0{,}995$ Atmosphären betragen soll, das Verhältnis der Volumina $0{,}995 : 1$ wird. Unter der Annahme, daß die eingelassene Wassermenge im Augenblick des Ventilschlusses den Raum unterhalb des Ventils *A* sowie den nebenanschließenden Heber *H* auf die Höhe des Ventils eben

ausfüllt, und der Querschnitt F des Heberrohres n-mal größer ist wie derjenige f des Ablaufrohrs R, so tritt das nötige Verhältnis der beiden Volumina ein, wenn der Wasserkörper im Ablaufrohr R um die Strecke $l = 0{,}005\ L\ n$ gesunken ist, was aus der Mariotteschen Gleichung $\frac{L F}{l f + L F} = \frac{L \cdot n f}{l f + L \cdot n f} = \frac{0{,}995}{1}$ folgt, unter L die Länge des lufterfüllten Heberrohrs H in Meter verstanden. Bei einem Verhältnis der beiden Rohrquerschnitte von $n = 2$ und der Länge $L = 0{,}25$ Meter, wie sie der Figur etwa zu entnehmen sind, ist die für Erzeugung der Luftverdünnung erforderliche Strecke $l = 0{,}005 \cdot 0{,}25$ Meter $\cdot\ 2 = 0{,}0025$ Meter $= 2{,}5$ Millimeter, d. h. der Heber beginnt sofort nach Ablassen der Zugkette zu wirken. Nachdem der Übertritt des Wassers aus dem Behälter in den Heber H stattgefunden hat und die zentrale Wassersäule zusammenhängend mit der im rechtseitigen Heberschenkel aufwärts steigenden in das Ablaufrohr R nach unten fließt, ist jetzt die Druckhöhe um die Heberhöhe 0,05 Meter über dem Wasserspiegel geringer geworden als 2 Meter, wie sie früher war; da dies jedoch selbst bei ganz gesunkenem Wasserspiegel mit 0,25 Meter gegenüber der wirksamen Druckhöhe von 2 Meter nur eine geringe Verminderung der Abflußgeschwindigkeit zur Folge hat, kann diese mit der früher berechneten von 6,3 Meter als identisch angesehen werden.

Nun betrachte man auch die Eintrittsöffnung des Wassers am unteren rechtseitigen Heberschenkel H gegen diejenige des Ablaßventils A. Jene ist ausgerundet für einen Ausflußkoeffizienten des in den Heberschenkel eintretenden Wasserkörpers nahe an 1, das Ventil A zeigt dagegen in seiner Gesamtanordnung mancherlei Querschnittsänderungen, die eine Kontraktion, bezw. einen Ausflußkoeffizienten von nicht über 0,5 im Gefolge haben dürften. Es wird sich demnach der Behälterinhalt durch den Heber tatsächlich mit der berechneten Wassermenge von 3 Sekundenliter und zwar auch nahezu vollständig entleeren, da der offene Heberschenkel bis fast auf den Boden des Behälters geht. Daß die Spülung in 3 Sekunden durch den Heber mit einer Wassermenge von 3 Sekundenliter eine kräftige genannt werden kann, ist nicht zu bezweifeln.

Das Heberrohr H hat bei den Spülkasten noch den weiteren Zweck, ein Überlaufen des Behälters B zu verhüten, wenn die Einlaßvorrichtung E undicht geworden oder, was mitunter vorkommt, wenn der Schwimmer S hängen geblieben ist. Allerdings ist hiermit ein ziemlicher Wasserverlust verbunden; derselbe führt aber durch sein Geräusch bald zur Entdeckung und Reparatur.

Die inneren Teile der Spülkasten sind notwendigerweise aus Bronze und Messing oder Hartblei, da andernfalls das Spülwasser, wenn es von rostig gewordenen Eisenteilen kommt, die meist porzellanenen oder weiß emaillierten Klosettschüsseln verunreinigt. Die Firma Breuer & Cie. in Höchst a. M. führt den in Fig. 479 dargestellten Spülapparat „Einfach" in nachstehenden zwei Größen aus.

Modell: „Einfach"	Ablauf lichte Weite	Dimensionen des Kastens			Wasser-inhalt Liter	Spülung regulierbar mittels Schwimmers	Gewicht des kompl. Appar.	Preis des kompl. Appar.	Bemerkungen
		Länge	Breite	Höhe					
	mm				ca.	Liter	kg	Mk.	Der Apparat ist kompl. mit emaill. Kasten, Zug, Abflußverschraubung, 2 Konsolen und gußeisernem Deckel.
kleines M.	25	310	160	250	9	5—8	13	19	
großes M.	30	335	220	250	14	9—12	17	23	

Der Zweck des in Fig. 480 dargestellten Apparates ist, die kontinuierliche, d. i. ununterbrochene Spülung von Pissoiren, mit großem Wasserverbrauch umzuwandeln in eine nur zeitweise eintretende Spülung mit je einmaligem gründlichen Effekt bei Verwendung einer im ganzen erheblich geringeren Wassermenge. So braucht z. B. ein öffentliches Pissoir pro Stand und Stunde (nach Abt. I, S. 593) bei intermittierender Spülung 60 Liter, dagegen bei ständiger Spülung pro 1 Meter Spülrohrlänge 200 Liter. Der Apparat in Fig. 480 besteht, wie der Klosettspülapparat in der vorigen Figur, aus einem gußeisernen Kasten B mit Schwimmkugelventil E für den Wassereinlauf und einem Saugheber H mit Anschluß an die Abflußleitung R. Dieser Heber hat keine mechanische Ablaßvorrichtung, sondern wird in der Weise zur Wirkung gebracht, daß durch den Schwimmer S, und zwar bei steigendem Wasserstand, entgegen den anderen Schwimmereinrichtungen, bei welchen der steigende Wasserstand ein Schließen des Einlaufventils bewirkt, hier das Einlaßventil E geöffnet wird, wodurch eine größere Wassermenge in den Behälter tritt und den Saugheber H bei erreichtem Wasserstand nach der in Fig. 480 punktierten Linie zu kräftigem Überlauf und Einleitung der Saugwirkung bringt, die wie bei Fig. 479 beschrieben vor sich geht. Nach Entleerung des Behälters wird dieser wieder gefüllt mittels eines vor dem Schwimmerventil E abzweigenden kleinen Einlaufhähnchens E_1, das in der Figur im Grundriß

oberhalb des Schwimmerventils gezeichnet ist. Durch dieses nach Belieben einstellbare Hähnchen E_1 kann die Füllung des Behälters bis zu dem Wasserstand, der die Hebung des Schwimmers S und damit die Eröffnung des Ventils E veranlaßt, in 5, 10, 20, 100 Minuten oder auch erst in 24 Stunden bewerkstelligt werden. Auf die Ingangsetzung des Hebers H selbst und die durch denselben bewirkte Spülung hat das Zeitintervall keinerlei Einfluß. Diese erfolgt, wie bereits erwähnt, nur durch Heben des Schwimmers S und Öffnen des Schwimmerventils E, welches die zur Ingangsetzung des Hebers H nötige Wassermenge unabhängig vom Zuflußhahn E_1 einströmen läßt. Wenn kein die Wirkung der Heberabsaugung erregendes Einlaufventil vorhanden wäre, könnte diese durch den geringen Zufluß allein natürlich nicht zu stande kommen. Die einmalige Spülung in 24 Stunden empfiehlt sich unter anderem in Aborten, sei es der Pissoirschale oder der Klosettschüssel in solchen Häusern, welche längere Zeit leer stehen. Die Abfallrohre der Aborte und Pissoirs mit Wasserspülung nehmen in der Regel die Entleerungen der betreffenden Schüsseln mittels Wasserabschlusses in einem sogenannten Siphon auf (s. Fig. 477). Wird nun die Benutzung der Spülung namentlich im Sommer auf längere Zeit unterbrochen, so geschieht es, daß diese Wasserverschlüsse, die die Kanal- bezw. Grubengase vom Eintritt in das Haus und in die Wohnungen verhüten sollen, durch Verdunstung ihr Wasser verlieren und austrocknen. In den durch die sommerliche Temperatur erwärmten Wohnräumen herrscht dann eine spezifisch leichtere Luft, welche gestattet, daß die Kanal- oder Grubengase in den Abfallröhren emporsteigen und durch die Klosette oder Pissoirschalen austreten, um so die Wohnräume zu erfüllen und zu infizieren. Wird jedoch ein selbsttätig wirkender Spülapparat, wie der in Fig. 480 gezeichnete, zur Spülung veranlaßt, so genügt die geringe Wassermenge von ca. 12 Liter täglich, um die Siphons mit Wasser verschlossen zu halten, womit die oben beregten Übelstände vermieden werden. Die Firma Breuer & Cie. in Höchst a. M., welche in ihren Prospekten auf diese sanitären Vorteile des Apparates hinweist, fertigt denselben in einer Größe von 335 × 220 × 250 Millimeter Kastendimension mit 14 Liter Inhalt zum Preise von 21 Mark.

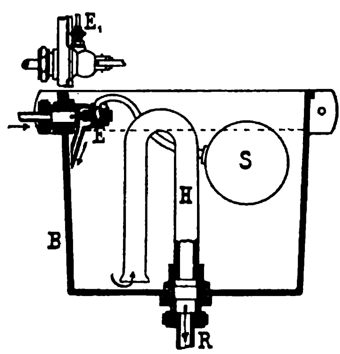


Fig. 480. Intermittierender Spülapparat für Pissoirs.

Fig. 481 und Fig. 482 zeigen den Spülapparat „Rostfrei" von Wilh. Beielstein in Bochum in Westfalen. Unter den vielen vorhandenen Konstruktionen der Spülapparate verdient dieser Apparat wegen seiner eigentümlichen Heberanordnung erwähnt zu werden. Die Bezeichnung „Rostfrei" ist nur bedingt richtig, denn wenn der Behälter aus Gußeisen besteht, zeigt die Erfahrung, daß Email oder Rostschutzfarbe nicht dauernd hält. Wird der Kasten jedoch aus starkem Zinkblech angefertigt und sind sämtliche inneren Teile aus Kupfer- und Messingguß, wie die Prospekte des Fabrikanten weiter angeben, dann wird rostiges Wasser in dem Apparat nicht entstehen können. Fig. 481 zeigt den Apparat in Ruhe; die Wasserzuleitung erfolgt von rechts durch einen Schwimmkugelhahn bei E (Schwimmer S und Hebel sind punktiert gezeichnet). In der Mitte

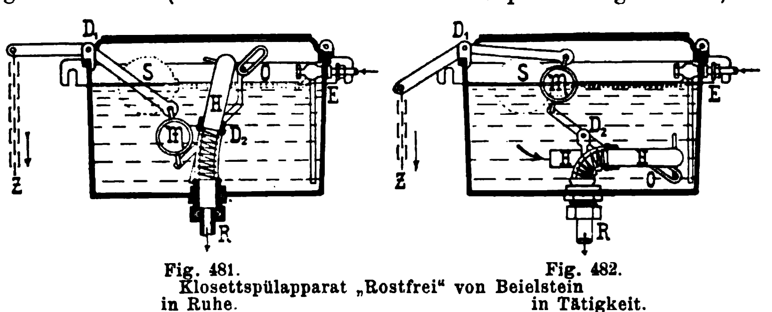


Fig. 481. Fig. 482.
Klosettspülapparat „Rostfrei" von Beielstein
in Ruhe. in Tätigkeit.

des Bodens erhebt sich über der Ablauföffnung R ein in das Mundstück eingedichteter kurzer Spiralgummischlauch, der oben einen Heber H trägt. Der obere kurze Heberschenkel biegt über dem Wasserspiegel um in den dahinterliegenden bis nahe auf den Boden herabreichenden langen Heberschenkel; der Heber ist aus Kupferrohr erstellt. Am oberen umgebogenen Teil des Hebers greift ein langes Öhr O eines doppelarmigen Hebels an, dessen Drehpunkt D_2 hinter dem Heber liegt und durch ein auf dem Gefäßboden befestigtes Gestell gebildet wird; der andere Hebelarm endigt an einem eingesteckten Messingring M, der wiederum in einem zweiten Hebel hängt, welcher auf der linkseitigen Kastenwand seinen Drehpunkt D_1 hat und am anderen freien Ende die Zugkette Z trägt. Fig. 482 stellt den Apparat in Tätigkeit dar; der linkseitige Hebel ist durch die

Kette niedergezogen worden; dadurch senkte sich der Heberbogen, während das linke freie Heberende *H* etwas in die Höhe gelangt, bis der Heber horizontal steht. In dieser Lage kann Wasser in der Pfeilrichtung durch den Heber *H* fließen, der, nachdem er sich gefüllt, sofort wieder losgelassen werden kann und durch Saugwirkung den Behälter zur raschen Entleerung bringt, ähnlich wie die vorher beschriebenen Heber. Dieser Heber wird zum Unterschiede von den feststehenden Hebern „Tauchheber" genannt. Bei undichtem Schwimmerhahn *E* wirkt der Tauchheber, wie die anderen Heber in Spülkasten, als Überlauf. Da bei dieser Einrichtung des Spülapparates ein Ablaßventil fehlt, so fällt ein wesentlicher Anlaß zu Undichtheiten weg. Aus den Fig. 481 und 482 ist ersichtlich, daß das Einlaufröhrchen von *E* bis fast auf den Boden des Behälters reicht; dies ist für den Fall, der eingangs dieses Abschnitts erwähnt wurde, vom Übel, da bei etwaigem von der Hausleitung herrührendem Rücksaugen durch den Schwimmerhahn *E* der ganze Behälterinhalt in die Leitung gelangen kann. Es wird sich daher empfehlen, auch dieses Röhrchen, wie aus den vorhergehenden Fig. 479 und 480 zu ersehen ist, möglichst nahe oder über dem Wasserspiegel ausmünden zu lassen und, zur Vermeidung des Spritzens, es dicht an die Seitenwand heranzuführen. Die Firma Wilh. Beielstein in Bochum liefert den Spülkasten „Rostfrei" für 14 Liter Wassermenge mit emailliertem Gußkasten und 37 Millimeter lichtweiter Abflußverschraubung zum Preise von 25 Mark.

Wegen anderer Konstruktionen und zur Übersicht der Entwicklung der diesbezüglichen Einrichtungen verweisen wir auf die unter [1] bis [15] angeführten Veröffentlichungen, auf die Deutschen Reichspatente Nr. 1390 ff. und die Kataloge der Installationsgeschäfte bezw. Armaturfabriken.

Literatur
über Wasserklosetts.

[1] Normalklosett. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 535. — [2] Wasserbedarf für das Spülen der Klosetts und deren Abflußleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1894, S. 110. — [3] Spülkasten für Wasserklosetts. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 459. — [4] Sparventile für öffentliche Brunnen und Bedürfnisanstalten. Gastechniker 1899, S. 87. — [5] Klosettspülkasten System Wangelin. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 121. — [6] Verunreinigung von Trinkwasserleitungen durch Aborte. Runderlaß im Technischen Gemeindeblatt 5. Jan. 1901. — [7] Butzke, Vorrichtung für gefahrlosen direkten Anschluß von Klosetts an die Wasserleitung. Gesundheitsingenieur 1901, S. 179. — [8] Beielstein, Die Ausführung von Installationsarbeiten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 93. — [9] Beielstein, Die Behandlung von Klosettspülkasten beim Installieren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 312. — [10] Verunreinigungen von Hauswasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 825. — [11] Anschluß von Klosetts an die Wasserleitung. Polizeiverordnung Berlin. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 414. — [12] Metzger, H., Reinhaltung der Wasserleitung durch Rohrunterbrecher. Berlin 1907. — [13] Über Vorrichtungen zur Verhinderung des Rücktritts unreiner Flüssigkeiten in die Wasserleitung. Techn. Gemeindebl. Jahrg. IX, Nr. 19 u. 20 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 313. — [14] Hydraulische Einrichtungen an den Klosetts des Schiffes „Mauretania". Engg. 1907, S. 632. — [15] Neuer Klosettspülapparat (System Stickdorn, mit Desinfektionsapparat). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 1147.

Deutsche Reichspatente
für Wasserklosetts.

Nr. 1390. Klosettspülapparat. Thomsen. — Nr. 2123. Klosetthahn mit Einrichtung zum allmählichen stoßfreien Wasserabschluß. — Nr. 2680. Klosettventil. Grützner & Knauth. — Nr. 2708. Klosetthahn. Boll. — Nr. 2789. Klosetthahn. Mücke. — Nr. 3337. Klosetthahn. Eichel & Veit. — Nr. 4149. Klosetthahn mit bemessenem Spülwasserquantum. Goodson. — Nr. 4763. Klosetthahn. Hoffmann. — Nr. 7272. Wassersparer für Klosetts und Zuflußleitungen. Jennings. — Nr. 9193. Selbsttätiges Klosettventil. Wagner. — Nr. 10 170. Apparate zum Regulieren des Wasserzuflusses für Klosetts, Waschbecken etc. White. — Nr. 11 074. Klosettspülapparat für bemessene Wassermengen. — Nr. 12 184. Klosettspülung mit beschränktem Wasserverbrauch. Deutsche Wasserwerksgesellschaft. — Nr. 13 410. Selbsttätiges Klosettventil. Gaebert. — Nr. 13 973. Neuerungen an Klosettspülventilen. Goodson. — Nr. 14 818. Klosettspülapparat. Fried. — Nr. 14 801. Neuerungen an Sprenghähnen. Linke. — Nr. 15 451. Spülapparat mit Heberrohr und Verdränger. Mack. — Nr. 16 695. Neuerung an Klosettventilen. Horn. — Nr. 17 041. Langsam schließendes Klosettventil. Teinert. — Nr. 17 148. Spülapparat mit Heber und Verdränger. Mack. — Nr. 17 862. Zusatzpat. zu Nr. 17 041. Neuerungen an dem langsam schließenden Klosettventil. Teinert. — Nr. 18 296. Klosetthahn. Zeddelmann. — Nr. 18 515. Pissoir mit selbsttätiger Wasserspülung. Sievers. — Nr. 18 592. Klosettventil für abgemessene Spülwassermengen.

Brabant. — Nr. 19 418. Neuerungen an Klosettventilen mit abgemessener Spülwassermenge. Butzke. — Nr. 20 284. Spülvorrichtung für Klosetts mit bemessener Wassermenge. Baltzer. — Nr. 20 286. Spülvorrichtung für Wasserklosetts. Boyle. — Nr. 20 305. Neuerungen an Wasserklosetts. Waring. — Nr. 20 353. Selbstschließendes Klosettventil. Geißler. — Nr. 20 375. Neuerungen an Spülvorrichtungen unter Benutzung des unter 16 929 geschützten Schwimmerventils. Wright. — Nr. 20 552. Neuerungen an Glockenhebern für Spülzwecke. Rieder. — Nr. 21 770. Neuerungen an Glockenhebern für Spülzwecke. Rieder. — Nr. 22 374. Geräuschlose Spülvorrichtung für Wasserklosetts. Patrick. — Nr. 23 063. Klosettventil für bestimmte Wassermengen. Kullmann & Lina. — Nr. 23 563. Spülapparat für Klosetts. Stawitz. — Nr. 23 773. Heberspülapparat mit bemessenen Wassermengen. Schmidt. — Nr. 27 588. Klosett. Boyle. — Nr. 28 425. Spülvorrichtung für Wasserklosetts. Boyle. — Nr. 29 270. Glockenheber zum Entleeren von Reservoiren. Starnes. — Nr. 29 984. Heberspülapparat mit Lockheber. Cuntz. — Nr. 31 902. Selbstschließendes Ventil mit bemessenem Spülraum. Kretschmann. — Nr. 32 035. Spülheber mit Wasserverschluß. Cuntz. — Nr. 35 016. Intermittierend wirkender Klosettspülapparat. Deutsche Wasserwerksgesellschaft Höchst. — Nr. 36 606. Intermittierender Spülapparat. Muchall. — Nr. 37 115. Spülapparat. Kommerell & Edwards. — Nr. 37 283. Spülvorrichtung mit Kippheber. Eggers & Kernaul. — Nr. 37 853. Spülvorrichtung für Klosetts. Thöns. — Nr. 38 229. Selbsttätiger intermittierend wirkender Spülapparat. Natterer. — Nr. 40 302. Auf Heberwirkung beruhende Spülvorrichtung. Tlicoteaux. — Nr. 40 304. Spülvorrichtung für Klosetts. Schmitt. — Nr. 41 545. Heber mit übereinanderliegenden verschließbaren Öffnungen im kurzen Schenkel, um verschieden bemessene Wassermengen aus demselben Reservoir entnehmen zu können. Kretschmann. — Nr. 41 546. Klosettspülvorrichtung. Beyer. — Nr. 43 356. Klosetteinrichtung mit bemessener Spülung. Gaebert. — Nr. 43 705. Klosettspülvorrichtung mit bemessener Spülwassermenge. Weiß. — Nr. 44 221. Klosettspülvorrichtung. Neidhardt. — Nr. 44 539. Spülvorrichtung mit Heber. Muchall. — Nr. 44 710. Spülvorrichtung für Klosett mit bestimmter Wassermenge. Ortmann. — Nr. 44 978. Heberspülapparat. Wright. — Nr. 45 115. Klosettspülapparat. Rieber. — Nr. 45 125. Selbsttätiges Ventil für intermittierende Spülung. Machan. — Nr. 45 760. Selbsttätige Absperrvorrichtung für in Behälter mündende Zuflußrohre. Betche. — Nr. 51 231. Selbsttätig absetzender Spülapparat für Klosetts. Boetekes. — Nr. 51 238. Wasserklosettspülapparat. Karl. — Nr. 51 785. Wasserklosett. Fleischmann. — Nr. 51 954. Wasserklosett. Schmalbruch. — Nr. 52 800. Spülvorrichtung für Klosetts. Rotten. — Nr. 53 100. Spülheber, dessen absetzende Wirkung dadurch erzielt ist, daß der Wasserzufluß bei gefülltem Kasten unterbrochen wird. Priester. — Nr. 53 150. Heberspülvorrichtung für Klosetts. Hardt. — Nr. 55 143. Spülabtritt. Pfister. — Nr. 55 205. Spülabtritt. Storz. — Nr. 55 208. Abtrittspülvorrichtung mit bemessener Spülwassermenge. Wittorf. — Nr. 55 215. Spülheber mit zwei Schwimmern. Oehlmann. — Nr. 55 298. Spülheber für Abtritte. Eschebach & Haußner. — Nr. 55 766. Spülglockenheber mit Wasserverschluß. Wolf. — Nr. 58 094. Ausführungsform zu Pat. Nr. 54 294. Einrichtung zum Füllen und Entleeren von Behältern mittels einer Druckwasserleitung. Bernhard. — Nr. 58 095. Selbsttätig absetzend wirkende Spülvorrichtung. Geiger. — Nr. 58 662. Selbsttätiger Spülheber mit absetzender Wirkung. Pescetto. — Nr. 58 672. Heberspülvorrichtung für Abtritte. Dorfmeister. — Nr. 59 927. Glockenheberspülvorrichtung für Abtritte. Meyer. — Nr. 60 046. Spülvorrichtung mit zwei Spülleitungen für Abtritte. Culwer Beckmann. — Nr. 60 072. Spülabtritt mit Vor- und Nachspülung (selbsttätig). Treutler & Schwarz. — Nr. 61 488. Selbsttätig und absetzend wirkender Spülapparat. Walker-Miller. — Nr. 61 790. Klosettspülung, zum Einspülen von Desinfektionsflüssigkeit erweitert. — Nr. 62 592. Wasserklosett mit selbsttätiger Deckeleröffnung und Beckenspülung. Münchgesang. — Nr. 63 004. Abtrittspülvorrichtung mit Doppelheber. Fleischmann. — Nr. 65 368. Speisevorrichtung für Behälter. Noll. — Nr. 66 552. Spülklosett. Jänike. — Nr. 66 558. Heberspülvorrichtung für Aborte. Becker. — Nr. 67 959. Überlaufeinrichtung an Spülaborten. Irlbacher. — Nr. 68 150. Selbsttätig absetzende Spülvorrichtung. Bodin. — Nr. 68 329. Klosettspülvorrichtung mit Glockenheber. Behrent. — Nr. 71 390. Spülabort mit selbsttätig sich öffnendem und schließendem Deckel. Martini. — Nr. 71 391. Abtritt mit durch den Sitz betätigter Spülvorrichtung. Dorist. — Nr. 71 471. Geräuschverminderer bei Spülaborten. Schäfer & Oehlmann. — Nr. 71 930. Kippbarer Wasserverschluß für Spülaborte. Fischer. — Nr. 72 002. Vorrichtung zu selbsttätiger Desinfektion von Spülaborten. Rath. — Nr. 72 607. Desinfektionsvorrichtung für Aborte. Ruhland. — Nr. 72 961. Absetzende Spülvorrichtung für Aborte. Zingler. — Nr. 73 757. Drehbarer Spülwasserbehälter für Aborte. Reißer. — Nr. 73 909. Spülapparat. Kingston. — Nr. 73 974. Selbsttätige Desinfektionsvorrichtung für Spülaborte. Johnson. — Nr. 74 441. Geräuschlose Klosettspülung. Völkel. — Nr. 75 636. Spülvorrichtung. Morgan. — Nr. 75 771. Selbsttätige Klosettspülung. Engler. — Nr. 75 844. Abortspülung mit Düse und Luftrohr. Wright. — Nr. 78 252. Spülabort mit Fangschale. Genth. — Nr. 78 334. Selbsttätige Spülvorrichtung. Clark. — Nr. 78 403. Spülabort mit Wascheinrichtung. Bajcsy. — Nr. 78 432. Spülvorrichtung für Aborte. Butzke. — Nr. 78 655. Abort mit selbsttätiger

Spülung. Kesselring. — Nr. 79 233. Vorrichtung zur Verhinderung des Zurücktretens von Schmutzwasser in das Wasserleitungsrohr bei Verstopfung des Abortbeckens. Reineck. — Nr. 79 796. Heberspülvorrichtung. Kretzschmar. — Nr. 79 834. Spülabort mit Klappenverschluß. Esche. — Nr. 80 427. Abort mit selbsttätiger Wasserspülung. Sutcliffe. — Nr. 80 826. Vorrichtung zur Entnahme von Wasser aus Hochdruckleitungen. W. Zingler. — Nr. 80 828. Spülvorrichtung für Aborte. Tüngel. — Nr. 80 966. Abortspülvorrichtung mit Windkessel. Wolf. — Nr. 81 346. Spülbecken mit elastischer Spülmuschel. Müller. — Nr. 81 448. Spülvorrichtung für Aborte. Döring. — Nr. 82 181. Spülvorrichtung mit abgemessenen Flüssigkeitsmengen. Andreoni. — Nr. 82 380. Regelbare Vor- und Nachspülung für Aborte. Ehrike. — Nr. 82 486. Geräuschlos arbeitende Spülvorrichtung. Bredel & Valentin. — Nr. 83 249. Spülhahn für Aborte. Sohns. — Nr. 84 113. Spülvorrichtung für Aborte. Reuter & Gräfe. — Nr. 84 207. Schwimmerventil für Spülkasten. Braunmüller. — Nr. 84 209. Spülvorrichtung für Aborte. Valentin. — Nr. 84 697. Abortspülvorrichtung mit Saugheber. Bauer & Fried. — Nr. 85 054. Spülvorrichtung für Aborte. Thomson. — Nr. 85 265. Glockenheberspülvorrichtung für Aborte. Wolf & Nees. — Nr. 85 551. Heberspülvorrichtung. Clauer. — Nr. 85 778. Spülvorrichtung für Aborte mit bemessener Wassermenge. Tüngel. Zusatzpat. zu Nr. 80 828. — Nr. 86 470. Heberspülvorrichtung für Aborte. Hillenbrand. — Nr. 86 471. Selbsttätig absetzende Spülvorrichtung. Lewin. — Nr. 86 928. Ventil für Spülkasten. Hosselnepp. — Nr. 88 183. Absetzend wirkende Spülvorrichtung. Bluhm. — Nr. 88 902. Spülvorrichtung für Aborte. Ley. — Nr. 89 373. Heberspülvorrichtung. Bauer. Zusatzpat. zu Nr. 86 470. — Nr. 89 425. Spülvorrichtung für Aborte. Schäffer & Oehlmann. — Nr. 90 579. Spülvorrichtung. Eschelbach. — Nr. 90 876. Abortspülvorrichtung. Ketel. — Nr. 91 331. Schwimmerventil für Spülkasten. Wey. — Nr. 92 119. Spülabort. Waegeningh. — Nr. 92 402. Einrichtung zum Spülen von Klosetts. Wangelin. — Nr. 92 686. Spülkasten für Wasserklosett mit biegsamem Heber. Beielstein. — Nr. 93 335. Selbstschließendes Ventil für Abortspülung mit Doppelmembran. Jennings. — Nr. 93 729. Glockenheberspülvorrichtung. Müller. — Nr. 93 730. Spülvorrichtung für Aborte. Ley. Zusatzpat. zu Nr. 88 902. — Nr. 94 377. Spülkasten für Aborte mit Doppelhebern. Schäffer & Oehlmann. — Nr. 94 699. Klosettspülkasten. Müller. — Nr. 94 810. Aus zwei ineinander angeordneten Ventilen bestehende Abortspüleinrichtung. Kenney. — Nr. 94 034. Spülvorrichtung für Aborte. Wangelin. — Nr. 92 896. Derselbe. — Nr. 95 109. Verschlußvorrichtung für Ventile, namentlich bei Spülkasten für Aborte. Wangelin. — Nr. 95 233. Spülvorrichtung für Aborte. Spengler. — Nr. 96 112. Selbsttätig sich schließendes Ventil für Abortspülung. Hitchlock lamp company. — Nr. 96 471. Spülvorrichtung für Aborte mit Abschluß des Wasserzuflusses durch den Druck in der Zuleitung. Kurth. — Nr. 96 882. Spülabort mit Sitzbrause. Könnemann. — Nr. 96 883. Vorrichtung zum ständigen Reinigen und Desinfizieren von Aborten, Pissoirs etc. Remy. — Nr. 98 039. Spülanlage für Aborte. Grove. — Nr. 98 176. Vom Deckel betätigte Spülvorrichtung für Aborte. Ellison. — Nr. 99 096. Heberspülvorrichtung für Aborte. Schill. — Nr. 99 296. Abortspülkasten mit schwimmendem Abschlußventil. Butzke. — Nr. 100 484. Klosettspülkasten mit verstellbarem Zughebel. Lorenzer. — Nr. 101 593. Spülvorrichtung für Aborte. Hoßtrupp. — Nr. 102 849. Spülvorrichtung für Aborte. Naumann & Jacobi. — Nr. 102 983. Durch Niederlegen des Sitzbrettes in Gang gesetzte Spülvorrichtung für Aborte. Hilpert. — Nr. 102 984. Abortspülvorrichtung. Schurrig & Sicker. — Nr. 103 082. Vom Trittbrette aus in Gang zu setzende Spülvorrichtung für Aborte. Winstosser. — Nr. 103 382. Spülvorrichtung für Aborte. Junior. — Nr. 104 396. Abort mit beim Verlassen des Sitzes selbsttätig wirkender Spülung. Fleischmann. — Nr. 105 405. Durch Belastung und Entlastung des Sitzbrettes betätigte Spülvorrichtung für Aborte. Eckhardt & Haupt. — Nr. 106 546. Abortspüleinrichtung. Kenney. — Nr. 110 916. Heberspülvorrichtung für Aborte. Eisenwerk Marienhütte. — Nr. 115 806. Sperrvorrichtung für den Ventilhebel am Spülkasten mit selbsttätiger Verschlußvorrichtung mit D. R.-P. 95 109. Wangelin. — Nr. 116 067. Abortspülvorrichtung für Spültöpfe mit bemessener Wassermenge. T. Forster & Cie. — Nr. 121 589. Vorrichtung zum Schutz der Wasserleitung gegen Verunreinigung bei Aborten durch Rückschlagventil. Neuhoff. — Nr. 134 710. Vorrichtung zur Verhinderung des Zurücktretens von Unrat in das Wasserleitungsrohr bei Verstopfung des Abtrittbeckens. Grubert. — Nr. 142 193. Vorrichtung zur Verhütung der Verseuchung der Reinwasserleitungen für Spülvorrichtungen. Bindewald. — Nr. 160 058. Bodenventil für Klosettspülvorrichtungen. Neumann. — Nr. 163 460. Spülvorrichtung mit Geräuschverminderung. Mohs. — Nr. 163 506. Spülvorrichtung mit 1 Heber und 2 Schwimmerventilen. Zickendraht. — Nr. 164 603. Spülvorrichtung mit von Hand zu öffnendem Abflußventil. Phillips. — Nr. 164 999. Antriebvorrichtung für doppelschalige Auffangbecken in Abtritten. Käppler. — Nr. 166 147. Spülventil. Cracoanu. — Nr. 180 662. Zapfvorrichtung mit luftdicht geschlossenem Meßbehälter. Tua. — Nr. 180 663. Spülvorrichtung mit Sperrvorrichtung für das Auslaßventil. Willms. — Nr. 180 664. Heberspülvorrichtung durch die Aborttür zwangläufig in Wirkung gesetzt. Kesselring. — Gebrauchsmuster Nr. 285 647. Klosettspülvorrichtung mit durch Zughebel betätigtem Ventil und die Spüldauer regelndem Wasserkolbenpuffer. Frey.

B. Toilette- und Badeeinrichtungen.

Auch diese Apparate sollen hier nur insoweit, als sie unmittelbar mit der städtischen Wasserversorgung in Beziehung treten, zur Besprechung gelangen. Ihre badetechnische Wirkungsweise ist aus der im nachstehenden chronologisch geordneten Literatur zu entnehmen und kann in den zahllosen Prospekten der Installationsgeschäfte nachgelesen werden.

Wie aus der typischen Fig. 483 zu ersehen, sind in den meisten Fällen, bei Neubauten gegenwärtig ausnahmslos, sowohl Badewanne als Toilette (Wandschale) an die Abfallröhren der Spülwasserentleerung angeschlossen. Vor Eintritt des Abwassers in diese allgemeine Hausentwässerung, die ihre Fortsetzung außerhalb der Gebäude in dem städtischen Kanalisationsnetz findet, passiert das Wasser, wie aus der Figur ersichtlich, einen sogenannten „Geruchverschluß", der zugleich Abfallstoffe und Unreinigkeiten aller Art in einem eingehängtem Behälter aufnehmen soll, damit solche die Abfallröhren nicht verstopfen. Der „Geruchverschluß" wirkt wie bei den Wasserklosetts der „Siphon" (s. Fig. 477). Durch eine eintauchende Platte wird die Verbindung der in den Abfallröhren vorhandenen Kanalluft und der Luft in dem zu entwässernden Raum oder Gefäß unterbrochen, aber nur so lange, als diese Tauchplatte genügend tief unter dem Wasserspiegel des „Geruchverschlusses" endigt. Ist dies nicht der Fall — und dieser Fall tritt gerade in den heißen Sommermonaten leicht ein, wenn einerseits durch Leerstehen der großstädtischen Wohnungen infolge Abwesenheit der Besitzer, anderseits durch rascheres Verdunsten des Wasserinhaltes für das Einhalten des normalen Wasserspiegels nichts getan wird —, so können sowohl die Kanalluft als Dünste vom Ausguß ungehindert den betreffenden Raum — bei einer doppelwandigen Badewanne, die von einer Warmwasserheizung aus geheizt wird, den Mantelraum und bei leerstehenden Warmwasserkesseln den ganzen Wasserraum — erfüllen. Ist nun die Wasserzuleitung etwa direkt mit einem dieser genannten Innenräume in Verbindung gesetzt, wie in Fig. 477 dargestellt wurde, so ist eine Infizierung derselben nicht ausgeschlossen, wenn Nebenumstände im gleichen Sinne zusammenwirken, wie z. B. Abstellung der ganzen Hauswasserleitung, Offenstehenlassen der Hähne und Ventile an den betreffenden Apparaten, wie sie beim Abstellen oder Leerlaufen der Hauptleitung in der Regel zusammenfallen. Es ist daher ratsam, die Einläufe des Wassers stets frei ausmündend über irgend einem stehenden Wasserspiegel anzuordnen, wie in Fig. 483 den Hahn an der Toilette. Der in dieser Figur ersichtliche „Geruchverschluß" hat indes vor den anderen gebräuchlichen noch den weiteren Vorzug, daß er durch die Anordnung eines Einlaufes über dem Wasserspiegel vom Abfallrohr her ermöglicht, von den oberen Stockwerken kommendes Wasser stets zur Ergänzung etwa fehlenden Vorrates einzuführen. Er verhindert auch ein Leersaugen des Verschlusses durch die herabstürzenden Wasser in dem Abfallrohr zufolge der Kommunikation ober- und unterhalb des Wasserspiegels. Diese „Geruchverschlüsse" werden von J. A. Hilpert in Nürnberg angefertigt.

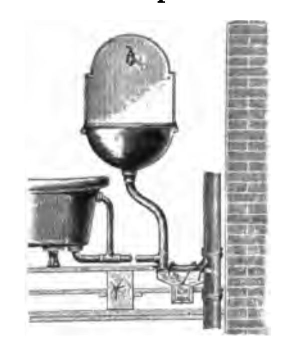


Fig. 483. Anschluß der Toilette- und Badeeinrichtungen an die Abfallröhren.

Bei Badeöfen, die mit Gas, Feuer oder Dampf geheizt werden, ist die unmittelbare Verbindung der Wasserleitung mit dem Wasserraum allerdings nicht zu umgehen, da in der Regel in diesen Öfen ein Überdruck des Wassers behufs Transport des erwärmten Wassers nach den Bädern, Brausen u. s. f. notwendig ist. In Fig. 484 ist an einem Badeofen der Firma David Grove, Berlin [160], schematisch dargelegt, wie links unten das von der Wasserleitung kommende Wasser in den Mantelraum des Badeofens (Warmwasserkessels) ein- und links oben zu den Verwendungsstellen wieder aus-

tritt. Die Heizgase, die im Innenraum des Ofens erzeugt werden, finden rechts oben ihren Abzug. Diese Warmwasserkessel müssen mit einem offenen Standrohr versehen sein, das entsprechend der benötigten Druckhöhe zum Baden oder Duschen über den höchsten Kesselwasserstand emporgeführt sein darf, jedoch nicht über 5 Meter, entsprechend der in Deutschland gesetzlichen Bestimmung für Niederdruckdampfkessel mit ca. 0,5 Atmosphären Überdruck der Dampfspannung. — Wäre dieses Sicherheitsstandrohr, in der Fig. 484 mit S bezeichnet, nicht vorhanden, so würde sich bei geschlossenen Ein- und Ausgangsventilen unter Einwirkung des Feuers aus dem Wasser Dampf von so hoher Spannung bilden können, die eine Explosion des Wasserkessels herbeizuführen im stande wäre; durch das Standrohr wird jedoch Wasser und Dampf ausgestoßen [26], [116].

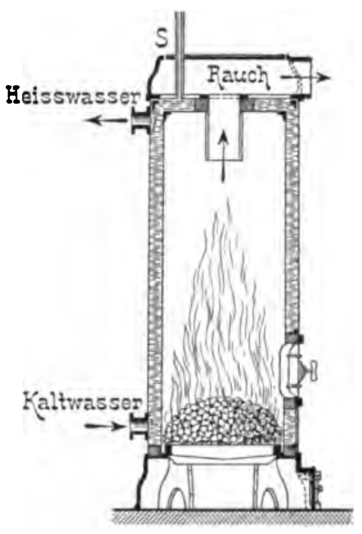


Fig. 484. Badeofen von David Grove in Berlin.

Statt des oben offenen Standrohres trifft man nicht selten Sicherheitsventile an den Warmwasserkesseln, da sie nach dem deutschen Reichsgesetz vom 5. August 1890, § 22, Z. 3 in den allgemeinen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln bedingungsweise gestattet sind. Dabei ist die sachgemäße Wartung des Kessels vorausgesetzt. In Bädern pflegt, wenigstens in denjenigen kleineren Umfangs oder bei Hausanlagen, diese Wartung nicht immer vorhanden zu sein. Die Folge ist dann ein Zusammenrosten oder ein Hängenbleiben der Sicherheitsventile und das Eintreten einer gewissen Spannung im Kessel, solange die Feuerung dauert und die Bäder noch nicht benutzt werden. Für die städtischen Rohrnetze entsteht nun durch den direkten Anschluß der Warmwasserkessel nach der eben beschriebenen Art die Gefahr, daß bei einem Überdruck über denjenigen der Wasserleitung an der betreffenden Stelle ein Zurückdrücken des heißen Wassers durch undichte Absperrschieber, Ventile oder Rückschlagklappen in das Straßenrohr erfolgt, wodurch schädliche Ausdehnungen des Rohrstranges, Schiebungen in den Bleimuffen u. dgl. eintreten. Diese Übelstände verhindert das offene 5 Meter hohe Sicherheitsrohr.

Fig. 485 zeigt das Schema einer Schulbadeeinrichtung mit Warmwasserkessel und Ausdehnungsventil (Standrohr) und einem Luftventil in der Warmwasserleitung, letzteres zu dem Zweck, um bei Erlöschen des Feuers den äußeren Luftdruck für Rohre, Kessel etc. unschädlich zu machen, den Mischapparaten und Verteilungsleitungen; Fig. 486 zeigt eine Badeeinrichtung mit Warmwasserbereitung durch eine Dampfheizschlange in einem Reservoir, das mittels Schwimm-

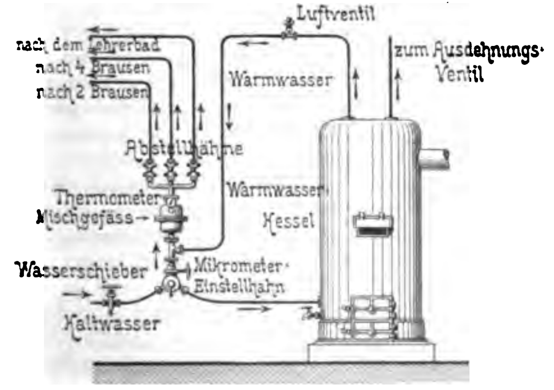


Fig. 485. Schema einer Schulbadeeinrichtung mit Warmwasserkessel (Badeofen).

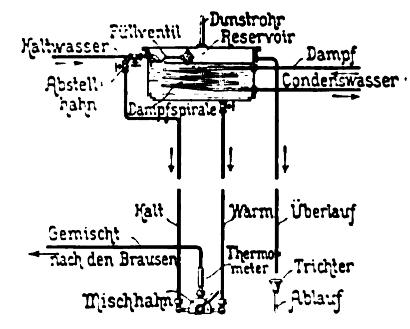


Fig. 486. Schema einer Badeeinrichtung mit Warmwasserreservoir u. Dampfheizschlange.

kugelventils von der städtischen Wasserleitung aus gespeist wird. Die zu beachtenden Maßnahmen bei den letzteren sind bei den Schwimmerventilen angeführt. Die in den beiden Figuren dargestellten Einrichtungen werden von der Firma Göhmann & Einhorn in Dresden und Dortmund geliefert.

Eine neuere Art der Verwendung direkten Leitungswassers für Badezwecke ist in dem Mischapparat von Gebr. Körting, Hannover, Fig. 487 zur Herstellung kohlensaurer Bäder veranschaulicht. Neben dem Mischgefäß *G* stehen zwei Behälter mit flüssiger Kohlensäure, sogenannte Kohlensäureflaschen, die durch Absperrventile *AA* und Reduktionsventil *R* mittels der Leitung *J* die Kohlensäure in das Mischgefäß schicken, welches bei *WE* den Wassereintritt, bei *WA* den Wasseraustritt nach den Bädern hat. Die Mischung der Kohlensäure mit dem Wasser wird durch einen an die Wasserleitung beim Eintritt in das Mischgefäß im Innern desselben untergebrachten Strahlapparat bewirkt. Das Sicherheitsventil *S* soll nicht mehr als 1 Atmosphäre Überdruck zulassen. Solange das Absperrventil beim Wassereintrittt *WE* dicht ist, wird ein Zurücktreten von kohlensäurehaltigem Badewasser in das städtische Rohrnetz nicht zu befürchten sein, auch wenn das Sicherheitsventil nicht richtig funktionieren sollte. Es ist also auch hier wieder auf die Dichtheit der Absperrvorrichtung allein die Unterbrechung zwischen Wasserleitungsröhren und zugeführten Substanzen gegründet.

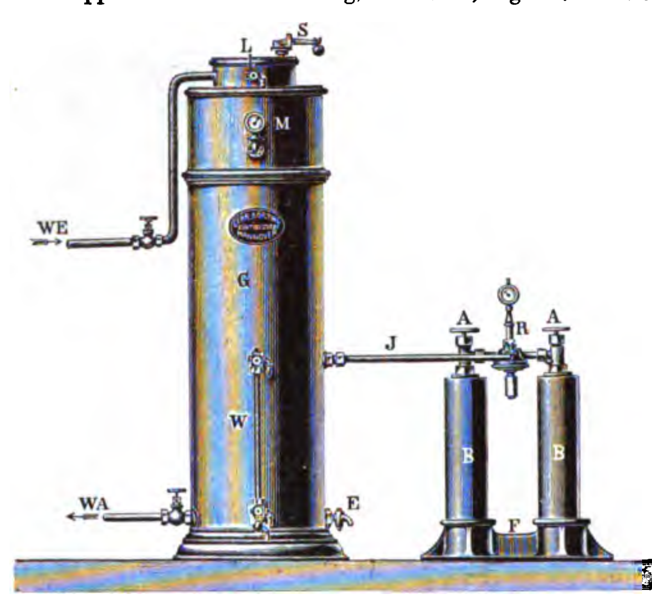


Fig. 487. Mischapparat zur Herstellung kohlensaurer Bäder.

Ein für Badeanstalten oder dergleichen industrielle Betriebe geeigneter Apparat zur Verteilung von Wasser nach drei verschiedenen Verwendungsstellen, wodurch besondere Abzweigungen mit deren Absperrvorrichtungen vermieden werden, ist das in Fig. 488 gezeichnete Schieberventil von Otto Schwade & Co., Erfurt. Bei der Hebelstellung, wie sie die Figur zeigt, kann das von links oder rechts oder von beiden Seiten zugleich zugeführte Wasser nicht weitergeleitet werden. Wird der Hebel umgelegt, so daß die Zeigerspitze auf einer der 3 Aufschriften: „Kessel“, „Bassin“, „Feuer“ steht, so erfolgt die Wasserzuleitung entweder nach dem Kessel, der mit der Speiseleitung an der betreffenden Flansche des Ventils verbunden ist, oder nach dem Bassin in die Förderleitung oder endlich bei Brandfällen in die Feuerlöschleitung. Mittels des Handhebels wird ein auf dem Rücken des Verzweigungsstückes sitzender Gitterschieber verstellt, dessen durchbrochene Schlitze je über einen der drei Kanäle zu liegen kommen, welche nach den genannten Verwendungsstellen führen. Statt des Sicherheitsventils kann auch ein Windkessel aufgesetzt werden, der die beim Umschalten auftretenden Stöße mildert.

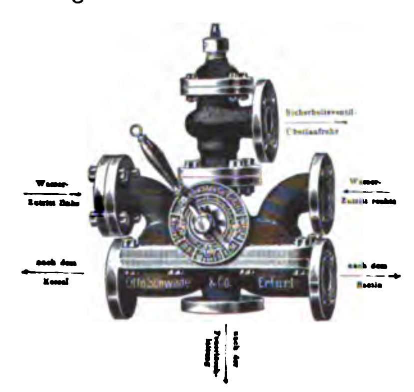


Fig. 488. Mischapparat (Mischhahn) für Bäder.

In [241] ist ein neues System der Badeeinrichtungen mit Warmwasserversorgung ganzer Häuser und mit wertvollen Hinweisen auf den Anschluß der Wasserleitungen an die Gasöfen sowie Patentangaben über Reguliervorrichtungen etc. enthalten, worauf wir verweisen.

Literatur

über Badeeinrichtungen.

[1] Marcard, Über die Natur und Gebrauch der Bäder. Hannover 1793. — [2] Speier, Ideen über die Natur und Anwendungsart natürlicher und künstlicher Bäder. Berlin 1803. — [3] Kausch, Über die Bäder. Leipzig 1806. — [4] Meißner, Abhandlung über die Bäder. Leipzig 1832. —

[5] Bischoff, Über das Bedürfnis von Bädern. Bonn 1843. — [6] Wichelhausen, Über die Bäder des Altertums. Mannheim 1851. — [7] Behrend, Die öffentlichen Bade- und Waschanstalten. Berlin 1854. — [8] Bell, A treatise on baths. 2. Aufl. Philadelphia 1859. — [9] Bemerkungen über das altrömische Bad in seiner verbesserten irischen Form. Dessau 1860. — [10] Zeis, Die permanenten oder prolongierten Lokalbäder bei verschiedenen örtlichen Krankheiten. Leipzig 1860. — [11] Steinbacher, Russische Dampfbäder. Augsburg 1861. — [12] Frech, Russische Dampfbäder. Lahr 1862. — [13] Lersch, Geschichte der Balneologie. Würzburg 1863. — [14] Confeld, Das altrömische Bad und seine Bedeutung für Heilkunde und Gesundheitspflege. Darmstadt 1863. — [15] Lange, Über komprimierte Luft u. s. w. Göttingen 1864. — [16] Wyatt, Portable hot-air and vapour bath. The Engl. Mechanic and Mirror of science and art. Bd. 8, (1868), S. 46. — [17] Havell, Submerged bath heating apparatus. Ebenda S. 166. — [18] Lersch, B. M., Die physiologischen und therapeutischen Fundamente der praktischen Balneologie. Bonn 1868. — [19] Doderer, Schwimm-, Wannen- und Dunstbadeanstalt Marienbad in den Herkulesbädern nächst Mehadia. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Architektenvereins 1869, S. 201. — [20] Amray, Bains et lavoir publics à Caen. Revue de l'archit. Bd. 27 (1869), S. 105. — [21] Joly, Les bains dans les habitations privées. Nouv. Annal. de la constr. 1869, S. 62. — [22] Stephenson, Bathing Kiosk for the Viceroy of Egypt. Enging. Bd. 7 (1869), S. 184. — [23] Bains et lavoirs établis à Mulhouse. Annals du gén. civ. 1869, S. 113. — [24] Wagner, Thermoregulator zur Erreichung einer konstanten Temperatur bei Bädern. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1869, S. 121. — [25] Chauffage domestique de l'eau par l'utilisation de la fumée. Mondes 2. S., Bd. 19 (1869), S. 404. — [26] Explosion einer Badeeinrichtung. Deutsche Bauztg. 1870, S. 80. — [27] Rambke, Der öffentliche Badeplatz in der Außenalster bei Hamburg. Deutsche Bauztg. 1870, S. 163. — [28] Paul, R., Corporation public baths, Ashton-Under-Tyne. The Builder 1870, S. 527. — [29] Young, Portable bath-seat. Americ. Artisan. N. S., Bd. 11 (1870), S. 149. — [30] Horton, B., Southport baths. The Builder 1870, S. 947. — [31] Beloe, Southport baths. Engineer, Bd. 30 (1870), S. 359. — [32] Kisch, Jahrbuch für Balneologie, Hydrologie und Klimatologie. Erscheint jährlich, erstmals Wien 1870. — [33] Lersch, Polymorphe Balneologie, eine Abhandlung über Sand-, Moor-, Schlamm -und Kiefernadelbäder. Erlangen 1871. — [34] Wilson, Modern hydropathy. 5. Aufl. London 1871. — [35] Cooper, Apparat zum Erwärmen von Badewasser. Dingl. polyt. Journ. Bd. 199 (1871), S. 508. — [36] Römische Bäder. Baugewerbeztg. 1871, S. 338. — [37] Das Paddingtonbad zu London. The Builder 1871, S. 90. — [38] Corréard, Sur les perfectionnements apportés aux baignoires et bains de siège. Bullet. de la soc. d'encourag. 1871. — [39] Perret, Improvements in floating swimming baths and in supplying water to the same. Verzeichnis d. engl. Patente 1872, Nr. 4249. — [40] Das Raitzenbad in Ofen. Wien. Bauztg. 1873, S. 40. — [41] Das Mühleneisensche Badeschiff zu Mühlheim bei Köln. Haarmanns Zeitschr. f. Bauhandwerker 1873, S. 98. — [42] Pariser Flußbäder. Nouv. Ann. de la constr. 1873. — [43] Salbach, Anlage von Badezimmern. Zeitschr. f. Bauhandwerker 1873, S. 121. — [44] Slagg, Filtered water floating swimming baths in impure rivers. The Builder 1873, S. 124. — [45] Durm, J., Das städtische Vierordtbad in Karlsruhe. Erbkam. Zeitschr. f. Bauwesen 1874, S. 123. — [46] Das Raitzenbad zu Ofen. Leipzig 1873. — [47] Der Wegweiser im Damen- und Herrenbad des römischen Bades am Praterstern in Wien. Wien 1874. — [48] Rahn, Bäderkunde und Bäderheilkunde. Sangerhausen 1874. — [49] Schlobigs Bade- und Heilanstalt in Zwickau. Deutsche Bauztg. 1874, S. 113. — [50] Clauß, Groß, Römisches Bad am Praterstern in Wien. Försters Bauztg. 1874, S. 16. — [51] Badeanstalt in Groß-Canissa. Prakt. Maschinenkonstrukt. 1874, S. 3. — [52] Isaacs, Public baths and wash-houses at Paddington. The Builder 1874, S. 90. — [53] Badeeinrichtung für Privatbäder. Prakt. Maschinenkonstrukt. 1874, S. 114. — [54] Radoult de Lafosse, Travaux d'embellissement de Vichy. Annales des ponts et chauss. 5. S., Bd. 7 (1874), S. 623. — [55] Charles, G., Appareils balnéaires. Paris 1875. — [56] Grundzüge für die Herstellung von Flußbade- und Schwimmanstalten. Baugewerksztg. 1875, S. 542. — [57] Snell, St. Marylebone swimming bath, London. Scient. Americ., N. S., Bd. 32 (1875), S. 7. — [58] Berger, F., Das städtische Bad an der Donau in Wien. Wien 1876. — [59] Die Einrichtungen zum Besten der Arbeiter auf den Bergwerken Preußens. Berlin 1876, Bd. 2, S. 79. — [60] Runge und Ohnesorge, Die öffentliche Badeanstalt in Bremen. Bremen 1877. — [61] Stumpf, Duscheapparat für Thermal- und Mineralwasser. Mitteil. d. Gewerbever. f. Nassau 1877, S. 9. — [62] Perrett, Chealsea swimming baths, London. Scient Am., Supplementband 4 (1877), S. 1348. — [63] Klein et Duclus, Le Hammam ou bains turco-romains. Nouv. Ann. de la construct. 1877, S. 97. — [64] Runge, Badeanstalt in Bremen. Deutsche Bauztg. 1877, S. 383. — [65] Bäumer, Über römische Bäder. Allgem. Bauztg. 1877, S. 39. — [66] Das Friedrichsbad in Baden-Baden. Baden-Baden 1878. — [67] Norton and Masey, The Tynemonth Aquarium, wintergarden and baths. The Builder 1878, S. 562. — [68] Die Schwimmanstalt der Stadt Basel. Eisenbahn Bd. 9 (1878), S. 169. — [69] Cross, Jeffery, Skiller and Wells, Proposed Hastings and St. Leonards public baths and aquarium. The Builder 1878, S. 590. — [70] Eklund, A. F., Mitteilungen über die Bade- und Schwimmanstalt der Königl. Marinestation Stockholm. Stockholm 1879. — [71] Pinoff, Handbuch der Hydrotherapie. Leipzig 1879. —

[72] Die neue Badeanstalt für Nürnberg. Deutsche Bauztg. Bd. 13 (1879), S. 177. — [73] Über Badeeinrichtungen. Semaine des constr., 3. S., 1879, S. 389. — [74] Über Volksbadeanstalten. Deutsche Bauztg. 1879, S. 450. — [75] Das Admiralsgartenbad zu Berlin. Prakt. Maschinenkonst. Bd. 12 (1879), S. 439. — [76] Bains de vapeur à piscines de natation. Nouv. Ann. de la constr. Bd. 25 (1879), S. 177. — [77] Über die Einführung von Wasch- und Badeapparat. Zeitung f. Blechindustrie 1879, S. 351. — [78] Freytag, Bad Oeynhausen in Westfalen. Minden 1880. — [79] Stübben, J., Reisebericht über auswärtige Badeanlagen. Aachen 1880. — [80] Badeeinrichtung für Kasernements, Schul-, Pensionsanstalten etc. Rohrleger Bd. 3 (1880), S. 219. — [81] Appareil hydrohygiénique Bosérain. Mondes, Bd. 42 (1880), S. 389. — [82] Die öffentlichen Badeanstalten. Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. 12 (1880), S. 180. — [83] Billing, A simple form of bath. Plumber, Bd. 4 (1881), S. 377. — [84] Heckmanns Badeapparate. Zeitung f. Metallindustrie Bd. 2 (1881), S. 112. — [85] Badeanstalt nach System Körting. Ebenda S. 255. — [86] Über Badeeinrichtungen. Rohrleger Bd. 4 (1881), S. 2221. — [87] Klahr, Duscheapparat. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1882, S. 55. — [88] Badeanstalt für Schwimm- und Einzelbäder. Prakt. Maschinenkonstrukt. Bd. 15, S. 301. — [89] Russian bath etablissements. Plumber Bd. 6 (1882), S. 198. — [90] The Dalton junction turkish baths. The Builder Bd. 42 (1882), S. 53. — [91] Einrichtung von Brausebadanstalten. Zeitschr. f. Bauhandwerker Bd. 26 (1882), S. 7. — [92] Guhl und Koner, Das Leben der Griechen und Römer 5. Aufl. Berlin 1882. — [93] Mariette, Etablissement des bains maures. Gén. civ. Bd. 3 (1883), S. 521. — [94] Turco-russian baths. New York. The Plumber Bd. 8 (1883), S. 465. — [95] Public baths and wash-houses. Ebenda Bd. 9 (1884), S. 1101. — [96] St. Pancras baths and wash-houses, London. Ebenda Bd. 10 (1884), S. 481. — [97] Riedheim, Volksbäder. Bayerisches Gewerbebl. Vierteljahresschr. Bd. 16 (1884), S. 142. — [98] Eschebach und Haußners Badeofen mit Wanne. Zeitung f. Blechindustrie Bd. 13, S. 287. — [99] Stübben, Öffentliche Badeanstalten. Baukunde d. Architekten Bd. 2. Berlin 1884. — [100] Chauffebain du Temple. La Semaine des construct. Bd. 9 (1885), S. 475. — [101] The modern bath-room. The Manufacturer and Builder Bd. 17 (1885), S. 73. — [102] Vapor bath for the house. The Plumber Bd. 11 (1885), S. 481. — [103] Lewisham public baths. Ebenda Bd. 13 (1885), S. 58. — [104] Dichten der Schwimmbassins in dem Hohenstaufenbad (Köln). Ges.-Ing. Bd. 8 (1885), S. 118. — [105] Park Hill Hospital in Liverpool. Ebenda S. 167. — [106] Sanitary Engineer. 1885, S. 58. — [107] Durm, J., Die Baukunst der Römer. Handbuch d. Architektur, Teil II, Bd. 2. Darmstadt 1885. — [108] Künstliches Sprudelbad. Zeitung f. Blechindustrie Bd. 5 (1886), S. 82. — [109] Badeeinrichtung in den Volksschulen zu Göttingen. Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. 1, S. 168. — [110] Glasgow baths and wash-houses. The Plumber Bd. 13 (1886), S. 225. — [111] Le bain à la maison. Semaine de constr. Bd. 10 (1886), S. 605. — [112] Piscines de natations, Paris. Gén. civ. Bd. 8 (1886), S. 273. — [113] Brausebäder in den Kasernen. Mondes, IV, 4, 1886, S. 436. — [114] Volks- und Schulbäder. Ges.-Ing. Bd. 9 (1886), S. 643. — [115] Badeeinrichtungen von Ruhmkorff & Co., Hannover. Ebenda S. 463. — [116] Explosion eines Badeofens. Ebenda S. 527. — [117] Bäder in Schulen. Ebenda S. 622. — [118] Das Seehospiz auf Norderney. Ges.-Ing. Bd. 9 (1886), S. 119, 177, 210. — [119] Öffentliche Wasch- und Badeanstalt in Metz. Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 6 (1886), S. 459, 464. — [120] Öffentliche Bäder in Lewisham. Ebenda Bd. 9, S. 586. — [121] Schuster, Badeeinrichtungen in Volksschulen. Zeitschr. d. hannov. Arch.- u. Ing.-Ver. Bd. 32 (1886), S. 489. — [122] Wagner, Die öffentlichen Badeanstalten in Metz. Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 6 (1886), S. 459. — [123] Waldow, Die neue Moorbadanlage zu Bad Elster. Deutsche Bauztg. Bd. 51 (1886), S. 301. — [124] Verbesserung des Seebades Norderney. Deutsche Bauztg. Bd. 21 (1887), S. 445. — [125] Anlage der Fußböden in Badestuben. Ebenda S. 104. — [126] Lenneper Badeanstalt. Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspflege Bd. 6 (1887), S. 131. — [127] Bath-room, Vanderbilt's residence. San. eng. Bd. 15 (1887), S. 459. — [128] Bath-room, residence of M. Wales. Ebenda Bd. 16, S. 554. — [129] Wagner, Brausebäder in Schulen. Deutsche Bauztg. Bd. 21 (1887), S. 562. — [130] Das erste städtische Volksduschbad in Wien. Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Ver. Bd. 12 (1887), S. 321. — [131] Swimming bath, Bournemouth. The Builder, Bd. 53 (1887), S. 803. — [132] Bains de l'hôpital St. Antoine, Paris. Nouv. Ann. de la constr. Bd. 33 (1887), S. 35. — [133] Osthoff, Bäder und Badeanstalten der Neuzeit. Leipzig 1887. — [134] Holm, Die Technik des Badens. Wiesbaden 1887. — [135] Dye, F., Hot water supply: a practical treatise upon the fitting of Hot-water-apparatus for domestic and general purposes. London 1887. — [136] Badeeinrichtung in Volksschulen. Ges.-Ing. Bd. 10 (1887), S. 91. — [137] Wasch- und Badeanstalten in Metz. Ebenda S. 243. — [138] Über Volksbäder. Ebenda S. 443. — [139] Borchart, Die städtischen Badeanstalten in Berlin. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. 20 (1888), S. 600. — [140] Eisele, Schulbäder mit Gasfeuerung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 31, S. 1101. — [141] Schattenberg, Anlage einer Badeanstalt zu Holzminden a. d. W. Zeitschr. d. hannöv. Arch.- u. Ing.-Ver. Bd. 34 (1888), S. 27. — [142] Wesenberg, Hoffmanns Römerbad in Berlin. Baugewerksztg. Bd. 20 (1888), S. 592. — [143] Das neue Stadtbad in Offenbach. Deutsche Bauztg. Bd. 22 (1888), S. 83. — [144] Die neue Badeanstalt zu Elberfeld. Ebenda S. 357. — [145]

Das erste Volksbrausebad in Frankfurt a. M. Ebenda S. 549. — [146] Volksbadeanstalten in Berlin. Ebenda S. 194. — [147] Volksbäder im Wellblechhäuschen. Ebenda S. 304. — [148] Volksbrausebad in Frankfurt a. M. Ebenda S. 549, 571. — [149] Volksduschbad in Wien. Ebenda S. 150. — [150] Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums. München 1888. Bd. 3. — [151] Erstes städtisches Volksduschbad in Wien. Ges.-Ing. Bd. 11 (1888), S. 229. — [152] Badeanstalt in Holzminden. Ebenda S. 405. — [153] Über Volks- und Arbeiterbäder. Ebenda S. 607. — [154] Badeanstalt in Bremen. Deutsche Bauztg. Bd. 22 (1888), S. 74. — [155] Badeanstalt in Elberfeld. Ebenda S. 345, 357. — [156] Kinderheilanstalt in Duhnen. Ibid. S. 177. — [157] Lassar, Die Kulturaufgabe der Volksbäder. Berlin 1889. — [158] Knobloch, B., Arbeiterbädereinrichtungen. Berlin 1889. — [159] Bloch, Anlage von Wannenbädern in öffentlichen Badeanstalten. Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspflege Bd. 8 (1889), S. 155. — [160] Groves Volksbrausebad. Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 9 (1889), S. 214. — [161] Has, die Badeeinrichtung in der neuen zweiten Bürgerschule in Weimar. Gesundheit Bd. 14 (1889), S. 198. — [162] Peters, Städtische Bade- und Desinfektionsanstalt in Magdeburg. Deutsche Bauztg. Bd. 23 (1889), S. 77. — [163] Roller, Die Gasbadeöfen und ihre Gefahren. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. 21 (1889), S. 604. — [164] Walker, Baths for the people. The Builder Bd. 57 (1889), S. 261. — [165] Badeeinrichtungen für Wohlfahrtszwecke. Metallarbeiter Bd. 15 (1889), S. 678. — [166] Luxusbadeeinrichtungen im Anschluß an die Wasserleitung. Ebenda S. 551. — [167] Bains économiques. Semaine des construct. Bd. 13. (1889), S. 423. — [168] Schwimmhalle in Magdeburg. Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 9 (1889), S. 125. — [169] v. Kößlin, R., Über die Errichtung von Schul- und Volksbrausebädern. Münchener med. Wochenschr. 1890, Nr. 25. — [170] Design for public baths. The Builder, Bd. 58 (1890), S. 62. — [171] Die Aachener Badeöfen. Maschinenbauer Bd. 25 (1890), S. 297. — [172] Honns, Das Wiener Zentralbad. Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Ver. Bd. 15 (1890), S. 1. — [173] Leonhardt. Neuere Badeeinrichtungen. Ges.-Ing. Bd. 13 (1890), S. 665. — [174] Herz, M., Die physiologische und therapeutische Wirkung der Dampfbäder. Wiener klin. Wochenschr. 1891, Nr. 17. — [175] Beielstein, Schulbrausebäder in München. Gesundheit, Bd. 14 (1891), S. 362. — [176] Leonhardt, Neue Badeeinrichtungen. Ges.-Ing. Bd. 14 (1891), S. 145. — [177] Martinot's foot-bath. Scient. Americ. Bd. 64 (1891), S. 162. — [178] Das Stadtbad in Krefeld. Zentralbl. f. öff. Gesundheitspfl. Bd. 10 (1891), S. 313. — [179] Die Bäder in Budapest. Deutsche Bauztg. Bd. 25 (1891), S. 197. — [180] Herz, M., Die physiologischen und therapeutischen Wirkungen der Dampfbäder. Wiener klin. Wochenschr. 1891, Nr. 18. — [181] De Nasouty, Les bains d'ouvriers. Le Génie civil Bd. 21 (1892), S. 411. — [182] Samain et Atro, Bains par aspersion. Ebenda S. 283. — [183] Bains douches des usines à gaz d'Amsterdam. Ebenda S. 102. — [184] Maréchal, La propreté corporelle du soldat dans l'armée française. La nature Bd. 20 (1892), S. 21. — [185] The Musly folding bath tub. Americain Mail. Bd. 29 (1892), S. 117. — [186] Walker, South Norwood public baths Croydon. Proceedings of the Association of Municipal and county. Engineers Bd. 17 (1892), S. 6. — [187] G. H. Klinger, Die Badeanstalt. Leipzig 1892. — [188] Trobey, Sicherheits-Badewasserheizer. Metallarbeiter Bd. 18 (1892), S. 338. — [189] Wagner, Neue heizbare Badewanne. Ebenda S. 662. — [190] Volksbadeeinrichtungen in New York. Ebenda S. 590. — [191] Randel, Volksbrausebad am Wilhelmitor zu Braunschweig. Ges.-Ingen., Bd. 15 (1892), S. 137. — [192] Mildner, Badeanstalten und deren innere Einrichtung. Ebenda S. 734, 761, 795. — [193] Zekeli, Über Volksbadeanstalten. Deutsche Bauztg. Bd. 26 (1892), S. 573. — [194] Volksbadeanstalten. Deutsche Bauztg. Bd. 26 (1892), S. 608. — [195] Schulze, Bau und Betrieb von Volksbadeanstalten. Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspflege Bd. 11 (1892), S. 295. — [196] Schulze, R., Bau- und Betrieb von Volksbadeanstalten. Bonn 1892. — [197] Randel, Waschkaue auf der Steinkohlenzeche Mont-Cenis bei Herne i. W. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. Bd. 36 (1892), S. 525. — [198] Gasbadeofen. Uhlands Industrielle Rundschau Bd. 6 (1892), S. 131. — [199] Badeaufzug für Kranke. Ebenda S. 282. — [200] Independent boilers v. range boilers for baths supply. English mechanics and world of science Bd. 56 (1892), S. 265. — [201] Americain feet water heater. The Electrical Ingineer Bd. 13 (1892), S. 589. — [202] Samain et Atro, Bains par aspersion. Les inventions nouvelles Bd. 5 (1892), S. 273. — [203] Wasserheilanstalt in Berlin. Deutsche Bauztg. Bd. 27 (1893), S. 89. — [204] Arbeiterbrausebad der Portlandzementfabrik Stern in Finkenwalde bei Stettin. Ebenda S. 177. — [205] Arbeiterbadeanstalt der Farbwerke Höchst a. M. Ebenda S. 333. — [206] Appareil limpritis pour bains par aspersion. Le Génie civil Bd. 22 (1893), S. 374. — [207] De Nasouty, Les piscines de natation d'armentieres et les bains douches de Bordeaux, Ebenda S. 281. — [208] Badeanstalt in Leipzig. Deutsche Bauztg. Bd. 27 (1893), S. 20. — [209] Volksbrausebad in Leipzig. Ebenda S. 508. — [210] Sanatorium in Bad Oeynhausen. Ebenda S. 308. — [211] Storoscheff, H., Die Wirkung des russischen Dampfbades sowie der Duschen auf gesunde Leute. Blätter f. klin. Hydrotherapie 1893, S. 79. — [212] Schulz & Sackur, Pariser Wasserstromheizapparat für Badeanstalten. Gesundh.-Ingen. 1893, S. 685. — [213] Münchs, Heiz und Badeofen. Metallarbeiter Bd. 19 (1893), S. 502. — [214] Anlage von Arbeiterbädern. Ebenda S. 590. — [215] Volks- und Schulbäder. Ebenda S. 18. — [216] Ecoles de natations à eau chaude d'hiver et d'été. La nature Bd. 21 — I (1893), S. 161. — [217]

De Béthuis, les bains aspersion. Cosmos Bd. 25 (1893), S. 326. — [218] Duschebäder in Militärgebäuden mit Dampfbetrieb. Mitteil. über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens 1893, S. 779. — [219] Bathing and Washing Facilities in a Brooklyn Factory. The iron Age Bd. 51 (1893), S. 1428. — [220] Houben, Badeofen für Gasheizung. Eisenztg. Bd. 14 (1893), S. 957. — [221] Baeltz, Das heiße Bad in physiologischer und therapeutischer Hinsicht. Verhandl. d. 12. Kongresses für innere Medizin. Wiesbaden 1893. — [222] Kutt, H., Arbeiterbadeanstalt der Farbwerke von Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. Deutsche Bauztg. 1893, S. 333. — [223] Vetter, L., Moderne Bäder, erläutert am Stuttgarter Schwimmbad. Stuttgart 1894. — [224] Franke, Die Waschkauen auf den Steinkohlenbergwerken des Oberbergamtsbezirkes Dortmund. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuß. St. 1894, S. 1. — [225] Raven, F. W., Schulbrausebad in Burgstädt. Gesundh.-Ingen. Bd 33 (1894), S. 101. — [226] Das neue Brausebad des „Utica State Hospital". Engng. Rec. 1894, November, S. 430, Dezember, S. 11. — [227] Alsop, R. O., Public Baths and Wash Houses. London 1894. — [228] Plüddemann, R., Volksbrausebad in Breslau. Zentralbl. d. Bauw. 1895, S. 194. — [229] Wolff, C., Das städtische Schwimmbad in Frankfurt a. M. Deutsche Bauztg. 1895, S. 113. — [230] Beranek, Die städtischen Volksbäder in Wien. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Architektenvereins 1898, S. 191. — [231] Genzmer, Bade- und Schwimmanstalten. Handbuch der Architektur, 4. Teil, 5. Halbband, Heft 3. Stuttgart 1899. — [232] Kabierske, E., Das Breslauer Hallenschwimmbad. Breslau 1899. — [233] Liegende Gasbadeöfen „System Eisele" für Schul- und Mannschaftsbrausebäder. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 892. — [234] Kelten, S., Bade- und Mischapparate für kaltes und warmes Wasser, System Schmidt. Wien (Katalog). — [235] Das Volksbad in Gießen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 522. — [236] Warmwasserstromapparat von Waldbaur. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 417. — [237] Hocheder, Das städtische Volksbad in München, Berlin 1903. — [238] Askania-Therme, ein Schnellwassererhitzer. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 977. — [239] Vetter, L., Das Bad der Neuzeit und seine historische Entwicklung. Stuttgart 1904. — [240] Roose, Holger, Warmwasserbereitungsanlagen und Badeeinrichtungen. München u. Berlin 1905. — [241] Schäfer, Franz, Die Warmwasserversorgung ganzer Häuser und einzelner Stockwerke durch selbsttätige Erhitzer mit Gasfeuerung. München 1906. — [242] Elektrische Zerstörungen an Badeöfen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 1029. — [243] Zur Gasbadofenfrage. Ztg. f. Blechindustrie 1906, S. 2334 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 39. — [244] Vogel, Einrichtungen für Koch- und Wärmzwecke, Warmwasserbereitung und Heizung vom Küchenherd aus. Stuttgart 1907.

Deutsche Reichspatente
für Waschtoiletten.

Nr. 3681. Selbsttätige Speise- und Entleerungsvorrichtungen an aufklappbaren Becken für Waschtoiletten. Wendt. — Nr. 5717. Wasserleitungshahn für Waschtische. Praechtel. — Nr. 20 333. Einrichtung zum Füllen und Entleeren von Waschschüsseln u. dgl. mittels eines am Boden der Schüssel enthaltenen Hahns, der mit der Zuleitung und dem Leerlauf in Verbindung gesetzt werden kann. Fuchs. — Nr. 23 122. Waschtisch. Wagner. — Nr. 34 880. Ablaßvorrichtung für Waschbecken. Lowrie. — Nr. 56 404. Schwenkhahn, dessen Anschlag dadurch begrenzt wird, daß das Ventil in dem auf dem festen Teil vermittels Schraubengewinde beweglichen Teil stellbar ist. Pfister. — Nr. 71 119. Waschschrank mit selbsttätiger Füllung und Entleerung der Waschschüssel. Vassiliou. — Nr. 73 158. Ab- und Überlaufvorrichtung für Waschbecken. Müllenbach-Zillesen. — Nr. 81 342. Schwenkhahn. Schäfer & Oehlmann. — Nr. 95 975. Schwenkhahn bei Waschbecken. Kette. — Nr. 98 521. Ab- und Überlaufhahn für Waschbecken. Hoßtrupp.

Deutsche Reichspatente
für Badeeinrichtungen.

Nr. 4337. Heizbare Badewanne. Butzke. — Nr. 5221. Zirkulationsbadeofen. Dubois & Hennenberg. — Nr. 5355. Badewasserwärmeeinrichtung. Walter. — Nr. 5842. Heizung an Badewannen. Krüger. — Nr. 5918. Fußbadewanne mit Petroleumheizung. Alisch. — Nr. 7084. Heizbare Badewanne. Prillwitz. — Nr. 7329. Vierweghahn für Badewannen. Haag. — Nr. 8057. Dampfbadeschrank. Müller. — Nr. 9289. Heizofen für Badewannen. Widmann. — Nr. 9677. Badeofen. Kneip. — Nr. 10 052. Neuerungen an dem Verfahren und den Apparaten zur Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur bei Wasser und anderen Flüssigkeiten derart, daß die Flüssigkeit genötigt wird, durch Röhren oder Behälter aus guten Wärmeleitern bis zu einer gewissen Tiefe in die Erde herabzufließen, um sodann durch Röhren oder Kanäle von schlechten Wärmeleitern wieder hinaufzusteigen. Latham & Way. — Nr. 10 355. Badeeinrichtung. Lüders. — Nr. 10 812. Neuerungen an Badeöfen. Eschebach & Haußner. — Nr. 11 672. Dampfbadeschränke, Neuerungen. Fleischer. — Nr. 11 690. Zirkulationsbadeöfen. Israelowicz. — Nr. 12 189. Badeofen. Boßhardt.

— Nr. 12 753. Zimmerdusche. Kuhlmann. — Nr. 13 694. Badeofen. Blank. — Nr. 14 563. Badeofen mit Dampfableitung. Ulbricht. — Nr. 14 827. Neuerungen an Brausen. Mestern. — Nr. 15 023. Neuerung an Zimmerduschen. Israelowicz. — Nr. 15 293. Badeofen. Sußmann. — Nr. 15 809. Neuerungen an Rohrleitungen für Badeeinrichtungen. Börner. — Nr. 16 062. Neuerungen an Badeöfen. Schuller. — Nr. 16 212. Neuerungen an heizbaren Badewannen. Israelowicz. — Nr. 16 614. Neuerungen an Brausen. Mestern. — Nr. 16 761. Badewanne mit Heizvorrichtung. Cöllen. — Nr. 17 147. Neuerungen an Sitzbadewannen. Zöllner. — Nr. 17 839. Zirkulationsbadeofen. Stadler. — Nr. 18 053. Zusatzpat. zu Nr. 16 761. Badewanne mit Heizvorrichtung. Cöllen. — Nr. 18 273. Neuerungen an Duschen. Riemann. — Nr. 18 467. Heizbare Badewanne. Blank. — Nr. 18 470. Gasheizapparat für Wasser von Druckwasserleitungen. Mestern. — Nr. 19 104. Neuerungen in der Anordnung von Rohrleitungen für Bade- und Brauseapparate. Klee. — Nr. 19 112. Zimmerduschen. Ulbricht. — Nr. 19 172. Badeofen. Phillipp. — Nr. 19 177. Badeofen. Blanck. — Nr. 19 544. Heizbare Badewanne. Berger. — Nr. 19 658. Neuerungen an Badeöfen. Ulbricht. — Nr. 19 688. Wärmevorrichtung für kohlensaure Badewasser. Czernicki. — Nr. 20 295. Badeofen. Hahn. — Nr. 21 312. Neuerung an Zimmerbadeapparaten. Hoelcke. — Nr. 21 315. Neuerungen an Badebrausen. Brandau. — Nr. 21 746. Badewanne in Stuhlform mit Stellmechanismus. Boegler. — Nr. 22 205. Badeofen. Blank. — Nr. 22 664. Badewanne. Otto. — Nr. 22 881. Neuerungen an der unter 15 809 patentierten Rohrleitung für Badeeinrichtungen. Titel. — Nr. 23 073. Zirkulationsofen für Badewannen. Blank. — Nr. 23 976. Ausziehbarer Badeofen. Goethe. — Nr. 24 685. Badebrause mit Schlammfang. Dittmar. — Nr. 25 170. Badeofen. Süß. — Nr. 26 821. Badeofen. Blank. — Nr. 29 330. Badeofen. Stadler. — Nr. 29 653. Neuerungen an Zirkulationsbadewannen mit Gasheizung. Grubert. — Nr. 30 097. Brause mit regulierbaren Strahlen. Dittmar. — Nr. 31 402. Dreiweghahn für Badeapparate. Fried. — Nr. 32 228. Badeofen für Grudefeuerung. Beulshausen. — Nr. 33 093. Rohrgarnitur für Badeöfen. Wickfelder. — Nr. 33 814. Badeeinrichtung, bei welcher der Ofen mit der Wanne durch Heber verbunden ist. Israelowicz. — Nr. 33 818. Badeofen. Dohse. — Nr. 33 821. Badeeinrichtung. Plaschil. — Nr. 36 392. Heizvorrichtung an Badewannen. Schwärmer. — Nr. 36 947. Neuerungen an Badeöfen. Cöllen. — Nr. 40 281. Badeofen. Ulrich. — Nr. 41 258. Badeofen. Cöllen. — Nr. 42 621. Sitzwanne für Dampf- und Warmwasserbäder. Lang. — Nr. 43 243. Apparat für Wasser-, Dampf- und Brausebäder. Cahn. — Nr. 43 428. Badeofen mit Gasfeuerung. Brey & Williame. — Nr. 45 628. Brauseeinrichtung für Badeöfen. Heilmann. — Nr. 46 158. Badeofen. Blank. — Nr. 48 852. Brauseeinrichtung, bei welcher das Wasser durch entgegengesetzt strömenden Dampf erwärmt wird. Schaffstädt. — Nr. 48 858. Badeeinrichtung. Dittmann. — Nr. 49 453. Eimer mit Strahl- und Regenbrause für Badezwecke. Bergholz. — Nr. 49 495. Badewanne mit Brause und Heizvorrichtung. Robin & Knobloch. — Nr. 49 533. Dreiwegmischhahn für Badezwecke. Bauer. — Nr. 49 550. Tragbare Brausevorrichtung. Grove. — Nr. 50 485. Zimmerbrausebad. Hartmann. — Nr. 50 646. Eimer mit Strahl- und Regenbrause für Badezwecke. Bergholz. — Nr. 50 648. Badeofen mit berieselter Heizfläche für das Wannenwasser und unter Druck stehender Heizschlange für das Brausewasser. Fischer. — Nr. 50 876. Wasserventil und Gashahnanordnung für Badeöfen mit Gasfeuerung. Kirchweger. — Nr. 50 877. Zirkulationsbadeofen. Blank. — Nr. 51 628. Zimmerbrauseeinrichtung. Gebert. — Nr. 52 233. Brausebadeinrichtung. Buhe. — Nr. 53 083. Badeanlagen. — Nr. 53 159. Ventileinrichtung für Badeöfen. Pataky. — Nr. 57 219. Brausebad. Anderssen. — Nr. 58 057. Badeofen. Schramm. — Nr. 59 000. Brausebad, bei welchem von der Aufsichtstelle aus jedem Badenden eine bestimmte Wassermenge zugemessen wird. Adriani. — Nr. 67 436. Badeofen mit Mischhahn und Zerstäuber. Vanderborght. — Nr. 69 307. Mischvorrichtung für Brausebäder. Biermann. — Nr. 70 256. Brausebadeinrichtung. Brunner. — Nr. 74 246. Badeofen. Theisejans. — Nr. 74 446. Brausebadeinrichtung. Schöttelndreyer. — Nr. 78 694. Selbsttätige Abstellvorrichtung für Brausen. Wisliceny. — Nr. 82 207. Badeofen. Blank. — Nr. 82 250. Selbsttätige Absperrung für Brausen. Wisliceny. Zusatz zu Pat. Nr. 78 694. Weiterer Zusatz ist Nr. 84 985. — Nr. 82 723. Selbsttätige Abschlußvorrichtung für die Zulaufhähne der Badewannen. Müller. — Nr. 82 974. Brausevorrichtung mit einstellbarem Streukegel. Wiegand. — Nr. 84 208. Einrichtung zum Erhitzen von Wasser für Badezwecke. Wiegand. — Nr. 86 838. Gasbadeofen. Michel. — Nr. 87 541. Brausevorrichtung. Nr. 89 520 mit Meßkasten. Fischer & Stiebe. — Nr. 87 648. Brause mit Luftzuführung. Schaffstädt. — Nr. 88 486. Apparat zum Erhitzen des Wassers für Badezwecke. Memler. Zusatzpat. zu 85 724. — Nr. 90 324. Heizeinrichtung für Flüssigkeiten. Siemens. Zusatzpat. zu 85 610. — Nr. 90 673. Flüssigkeitserhitzer. Seely. — Nr. 92 972. Badeofen. Turon. — Nr. 93 294. Gasbadeofen. Houben. — Nr. 94 378. Brausebad mit begrenztem Wasserverbrauch. Schlupp. — Nr. 94 448. Badeofen. Houben. — Nr. 100 191. Vorrichtung zur gegenseitigen Beeinflussung des Wasser- und Gaszuflusses für Bade- und ähnliche Öfen. Flyge. — Nr. 102 170. Zerlegbarer Gasbadeofen. Horn. — Nr. 102 773. Zwangläufige Kupplung für Gas- und Wasserhahn an Badeöfen mit Gasheizung. Luck & Cie. — Nr. 103 818. Flüssigkeitserhitzer. Jäger & Rothe. — Nr. 105 839. Zerlegbarer Gasbadeofen. Horn. Zusatzpat. zu 102 170. — Nr. 107 305. Wassererhitzer mit selbsttätiger Re-

gelung des Gaszuflusses durch den Wasserdurchfluß. Bürkle. — Nr. 108 217. Gasbadeofen mit Warmwasseraufspeicherungsgefäß im Auslaufstutzen. Houben. — Nr. 108 696. Gasbadeofen. Horn. — Nr. 109 183. Warmwasserofen. Platz. — Nr. 136 444. Badeofen mit teilweisem Abschluß der Wasserzuleitung bei Benützung der Brause. Öhme & Weber. — Nr. 139 368. Warmwasseranlage mit Schwimmerregulierung. Trendel.

Deutsche Reichspatente
für Badebatterien und Mischhähne.

Nr. 1120. Badebatterie. Herbst. — Nr. 17 307. Badebatterie. Noske. — Nr. 18 586. Badebatterie. Buschbeck & Hebenstreit. — Nr. 21 462. Mischhahn (Ventilhahn für warmes Wasser). Duckworth. — Nr. 22 537. Badebatterien. Boiner. — Nr. 25 562. Mischhahn. Ekholm. — Nr. 36 263. Mischhahn. Kelsen. — Nr. 38 924. Badebatterien. Schützinger-Zeller. — Nr. 39 553. Badebatterien. Schützinger-Zeller. — Nr. 41 189. Mischapparat. Holzapfel. — Nr. 42 598. Badebatterie. Schützinger. — Nr. 43 658. Mischhahn für Badezwecke. Sjötholm. — Nr. 45 119. Mischhahn. Kaiser. — Nr. 46 454. Mischhahn. Teudloff. — Nr. 46 823. Mischhahn für Badezwecke. Frenger. — Nr. 47 576. Mischhahn für Badezwecke. Frenger. — Nr. 51 949. Mischhahn für Badezwecke. Müller. — Nr. 53 097. Mischventil für Badezwecke. Rotten. — Nr. 56 053. Mischhahn. Schmidt. — Nr. 56 056. Mischventil. Bindemann. — Nr. 59 886. Mischhahn für an Hochdruckleitungen angeschlossene Badeeinrichtungen. Knoch. — Nr. 60 031. Zimmerbrausebad. Schaarschmidt. — Nr. 62 791. Mischventil für Brausebäder. — Nr. 64 907. Badewassermischvorrichtung. Roscher. — Nr. 64 985. Vorrichtung zur Erzeugung einer Brause von veränderlicher Temperatur. Schulmann. — Nr. 66 480. Mischhahn für Badezwecke. Schmidt. — Nr. 67 420. Mischventil für Badezwecke. Schützinger & Zeller. — Nr. 68 388. Mischhahn für Badezwecke. Huhn. — Nr. 70 132. Mischhahn für Badezwecke. Bluhm. — Nr. 72 834. Mischventil für Badezwecke. Ketzer. — Nr. 73 086. Mischventil für Badezwecke. Eschebachsche Werke. — Nr. 76 935. Mischhahn für Badezwecke. Bluhm. Zusatz z. d. Pat. Nr. 70 132. — Nr. 81 647. Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten. Behnisch. — Nr. 87 072. Mischhahn. Sauerland. — Nr. 89 624. Mischhahn für Badezwecke. Bluhm. Zusatz z. d. Pat. Nr. 70 132. — Nr. 90 712. Mischhahn. Maquet. Nr. 95 976 Zusatzpat. — Nr. 94 811. Mischvorrichtung für Dampf und Wasser bezw. warmes und kaltes Wasser. Zusatzpat. zu Nr. 67 808. Koppen. — Nr. 96 598. Mischhahn. Kenly. — Nr. 104 510. Mischventil. Weigel. — Nr. 118 499. Abschlußvorrichtung für die Zuleitung zu Badewannen. Bender. — Nr. 119 046. Mischapparat für warme und kalte, tropfbare und gasförmige Flüssigkeiten. Scheld. — Nr. 120 026. Mischventil für Badeeinrichtungen. Timar. — Nr. 124 226. Mischvorrichtung mit nacheinander in Wirksamkeit tretenden Ventilen für Kalt- und Warmwasserzuleitungen. Grove. — Nr. 127 896. Mischventil für Badeeinrichtungen. Schäffer & Walcker. — Nr. 127 916. Drehschiebermischhahn für Badezwecke. Bluhm. — Nr. 129 465. Hahnenanordnung für Gasbadeöfen. Jacob. — Nr. 130 018. Mischhahn mit doppelt durchbohrtem Küken. Hofschilte. — Nr. 131 128. Sicherheitshahn für Badeöfen. Houben. — Nr. 133 838. Gas- und Wasserhahn mit totem Gang des Mitnehmers. Trendel. — Nr. 146 602. Vorrichtung zur Verhinderung unrechtmäßiger Handhabung von Hähnen. Hogej. — Nr. 152 467. Vereinigter Gas- und Wasserhahn. Valley. — Nr. 155 997. Badehahn. Wolf. — Nr. 158 786. Mischventil. Voß. — Nr. 163 597. Badeausrüstung mit 2 durch den Umstellhahn gesteuerten Absperrventilen. Soór. — Nr. 163 598. Vorrichtung zur Abgabe von Flüssigkeit mittels Preßluft vornehmlich für Heilbäder. Beaurienne. — Nr. 169 072. Mischvorrichtung für Gasbadeöfen mit gekuppeltem Wasser- und Gashahn. Bier.

Deutsche Reichspatente
für Selbstverkäufer von Flüssigkeiten.

Nr. 65 265. Vorrichtung zu selbsttätigen Abgaben bestimmter Flüssigkeitsmengen. Meister. — Nr. 89 652. Selbstkassierender Gas und Flüssigkeitsmesser. Meinecke. — Nr. 91 685. Selbstkassierender Flüssigkeitsverkäufer. Wright. — Nr. 97 764. Selbstverkäufer für Wasser aus Wasserleitungen. Jonker. — Nr. 100 293. Selbstverkäufer der durch Pat. Nr. 92 458 geschützt. Art. Stevens. — Nr. 104 600. Selbstkassierende Hilfsvorrichtung für Gas- und Wassermesser. Girond. — Nr. 105 681. Selbstverkäufer für Gas und Flüssigkeiten. Sell. — Nr. 106 522. Vorrichtung zur selbsttätigen Abgabe von Flüssigkeiten nacheinander an zwei oder mehr Behälter, sowie zum Ablassen daraus. Cameron. (gemäß Pat. Nr. 94 865).

C. Wasserkrane und Windkesselanlagen.

Die Wasserversorgung von Bahnhöfen, sofern sie nicht eine eigene Anlage besitzen, erfordert in den großen Städten einen nicht unwesentlichen Teil der Gesamtwassermenge. Die wichtigsten Entnahmestellen eines Bahnhofes sind die Wasserkrane, welche das Speisewasser für die Lokomotivkessel in deren Tender zu liefern haben. Im Interesse der städtischen Wasserversorgung sollte bei Bahnhofanschlüssen die Wasserlieferung stets nur in ein im Bahnhofe anzulegendes Hochreservoir erfolgen. Die sekundlichen Wassermengen, welche (allerdings nur kurze Zeit) aus den Wasserkranen entnommen werden, sind so groß, daß ihre Lieferung direkt aus dem Stadtrohrnetze in vielen Fällen eine wesentliche Verteuerung dieser Anlage und Störungen im Betriebe der übrigen Wasserabgabe veranlassen würde. Das Rohrnetz innerhalb des Bahnhofes kann dann von diesem besonderen Hochreservoir ausgehend für sich bestehen und die Lieferung in das Reservoir durch ein relativ kleines Rohr vom Stadtrohrnetze aus bewirkt werden. Im nachstehenden sollen nun die Wasserkrane und die Einrichtungen besprochen werden, welche zum Schutze der Zuleitungen zu Wasserkranen erforderlich sind; was hier speziell in Bezug auf Windkessel erörtert wird, ist natürlich unter ähnlichen Bedingungen auch für Stadtrohrnetze gültig und betrifft im wesentlichen alle Windkesselanlagen.

Einrichtung der Wasserkrane. Das Besondere dieser Wasserentnahmevorrichtungen, wie eine solche in Fig. 489, S. 322 mit ihren Zubehörden dargestellt und bei den meisten deutschen Eisenbahnen im Gebrauch ist, liegt in den großen Wassermengen, die sie in kurzer Zeit abgeben sollen, und den damit verbundenen Gefahren für das Rohrnetz (siehe hierüber Abt. I, S. 118). Der Tender einer Schnellzugsmaschine, welche auf längere Zeit ohne frische Wasseraufnahme fahren muß, faßt 20 bis 30 Kubikmeter Wasser und darüber. Das Einnehmen solcher Wassermengen, die das 10- bis 15fache eines Straßensprengwagens betragen, in relativ kurzer Zeit (höchstens 10 Minuten) hat die gleichen Begleiterscheinungen zur Folge, wie sie bei Straßensprengwagen, die mittels der städtischen Hydranten gefüllt werden, auftreten. Das Ventil wird geöffnet, der Wagen füllt sich nach und nach, jedoch für den Wärter immer zu langsam, um das Steigen des Wasserspiegels im Wagen bis zur höchsten zulässigen Grenze genau zu beobachten; erst durch das plötzliche Überlaufen wird er gemahnt, das Ventil zu schließen, was dann auch in der Regel mit größtmöglicher Eile geschieht. Die Wirkungen des schnellen Ventilschlusses äußern sich im Rohrstrang, wie aus Fig. 490, S. 324 zu ersehen [3], in zahlreichen mehr oder weniger heftigen Stößen, die wie Hammerschläge von innen auf das Rohr und dessen Verbindungen treffen und sich über ziemliche Längen des Stranges verteilen. Die Tabelle S. 323 zeigt, daß bei 2,5 Atmosphären Ruhedruck und plötzlichem Schieberschluß Stoßwirkungen bis zu 25,5 Atmosphären auftreten und selbst in einer Entfernung von 25 und 45 Meter vor dem Schieber sind noch Drücke bis 10 und 8 Atmosphären verzeichnet. Fig. 490, S. 324 gehört zu Nr. 8 der ersten in [3] veröffentlichten Versuchsreihe 1—23 (vgl. die Tabelle S. 323). Wenn auch die Stoßwirkungen nach dieser Figur nur von sehr kurzer Dauer sind, so lockern sie doch durch die Häufigkeit ihres Auftretens mit der Zeit die Bleivergüsse der Muffenrohrstränge und erzeugen Undichtheiten im Rohrnetz. Nicht selten sind auch Rohrbrüche auf diese Stöße zurückzuführen. Das einzige Mittel, um sich vor den schädlichen Wirkungen solcher Stöße zu sichern, ist die Anbringung von Windkesseln unmittelbar vor dem Abschlußschieber, wie in Fig. 489, S. 322 bei dem Lokomotivwasserkran der Armaturenfabrik Bopp & Reuther in Mannheim angegeben. Diese Figur zeigt den Einbau der hydraulischen Einrichtungen im Schacht, die vor dem Windkessel einen doppelseitig, also normal abdichtenden Absperrschieber enthält und hinter dem Windkessel einen nur einseitig gegen den Windkessel abdichtenden Regulierschieber, dessen Gestänge über die Fußplatte des Säulenständers verlängert und mittels Handrads von oben bequem zu bedienen ist; außerdem ist das Gestänge im Schacht mit einem Entleerungshahn zwangläufig verbunden, so daß in der Kransäule kein Wasser stehen bleiben kann, nachdem der Regulierschieber geschlossen wurde; hierdurch soll die Gefahr des Einfrierens beseitigt werden.

Windkessel. Die Windkesselanordnung in der Figur ist die allgemein übliche; auf ein T-Stück mit rechtwinkeligem Abzweig wird ein mit engem Hals versehener kurzer Kessel gesetzt. Diese Anordnung ist nicht die beste; das Wasser muß beim Rückstau die geradlinige Richtung verlassen und sich durch den engen Hals zwängen, um in den Windkessel zu gelangen. Besser eignen sich die in Fig. 491, S. 324 gezeigten Windkessel mit unten offenem Fuß, der mit Flanschendeckel geschlossen wird; das Wasser gelangt beim Rückstau mit geringerem Widerstand in den Windkessel.

Für Schächte oder im Boden eignen sich Windkessel nach Fig. 492, S. 324 am besten wegen der tieferen Lage. Welchen Einfluß die Anordnung des Windkessels auf die Größe der Stoßwirkungen hat, lehren die Zahlen der nachfolgenden Tabelle bei Nr. 20 und Nr. 24 bis 26. Bei letzteren von Carpenter in London angestellten Versuchen saß der Windkessel in gleicher Weise wie in der Figur des Lokomotivwasserkrans, daher die geringe Wirkung seines Luftinhalts.

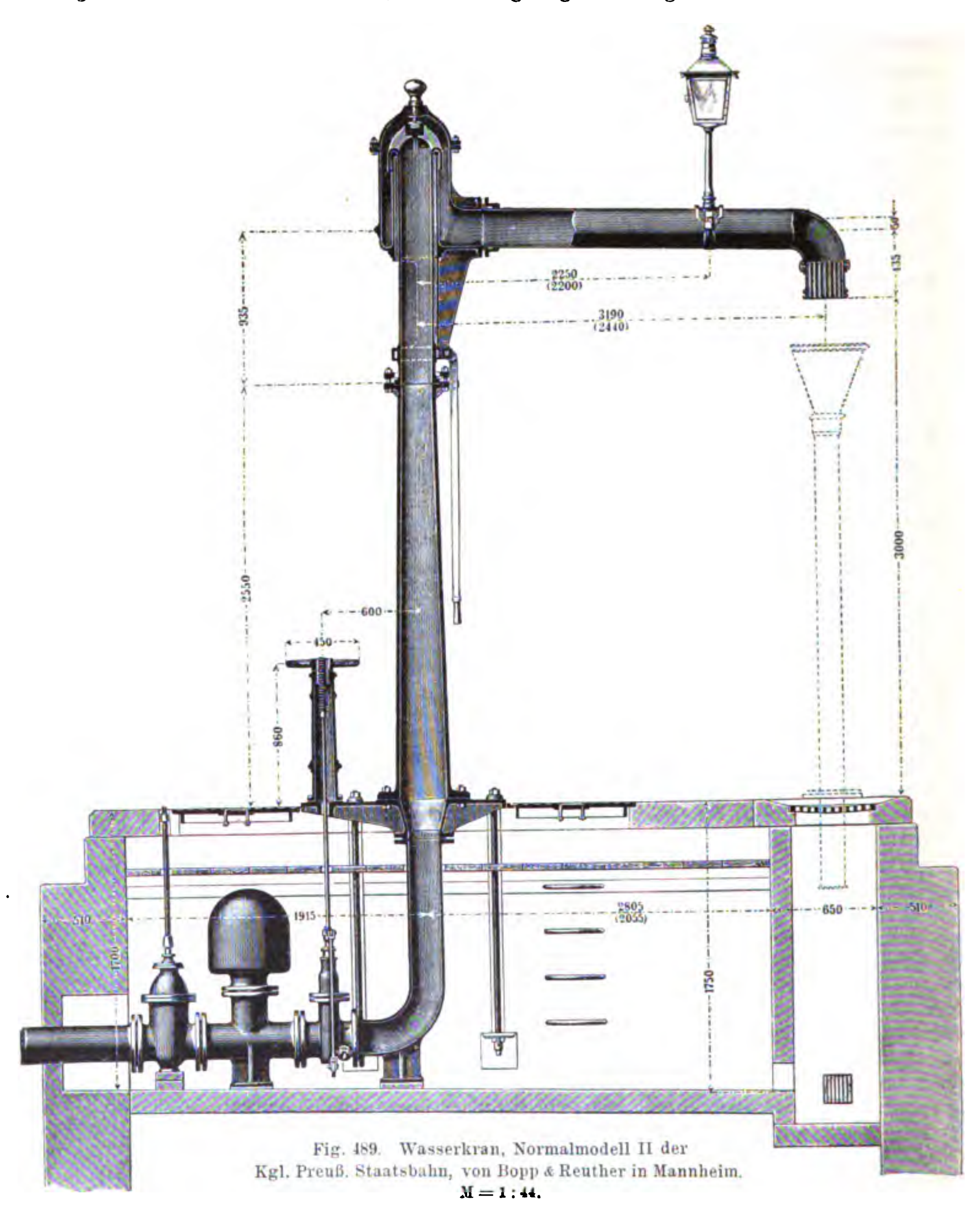


Fig. 489. Wasserkran, Normalmodell II der Kgl. Preuß. Staatsbahn, von Bopp & Reuther in Mannheim. M = 1 : 44.

Wie aus Spalte 7 und 8 der Tabelle hervorgeht, spielt der Luftinhalt eines Windkessels die Hauptrolle bei der Verhütung von Wasserleitungsstößen, ja die Nr. 24 bis 26 zeigen, daß ein Fehlen des Windkessels noch besser zu sein scheint, als ein Windkessel voll Wasser. Es ist nun wesentlich, die Größe des für einen bestimmten Fall nötigen Luftinhalts zu kennen, um danach die Größe des Windkessels zu bemessen. An einem Beispiel, das dem praktischen Bedürfnis entspricht, sollen alle einschlägigen Fragen beantwortet werden, womit auch die Windkesselfrage bei hydraulischen Aufzügen, auf welche in Abt. I, S. 774 hingewiesen wurde, ihre Erledigung findet.

In der Tabelle sind Versuchsergebnisse über Stoßwirkungen des Wassers in Rohrleitungen dargestellt, und zwar Nr. 1 bis 23 (nach Glasers Annalen 1894) von Ernst Claußen, Berlin, Nr. 24 bis 26 (nach Engineering 1894) von Carpenter.

Nr. des Versuchs	Ruhedruck in der Leitung	Zeitdauer des Schieberschlusses	Stoßwirkungen in der Leitung von 40 mm licht. Weite in Atmosphären			Stoßwirkungen im Windkessel in Atmosphären		Drucksteigerung vor Eintritt des Stoßes auf Atmosphären	Bemerkungen
						Windkessel			
			1 m vor d. Schieber	25 m vor d. Schieber	45 m vor d. Schieber	voll Luft	voll Wasser		
	Atm.	Sek.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2,5	24	2,5 keine Steigerg.	—	—	—	—	—	Nr. 1 bis 8 an der städtischen Wasserleitung unmittelbar vor Eintritt in das Gebäude beobachtet.
2	2,5	16	15	—	—	—	—	—	
3	2,5	10	21	—	—	—	—	—	
4	2,5	8	20	—	—	—	—	4	Die Drucksteigerung beginnt während des Schließens, erhebt sich nach einigen Schwankungen bis zum angegebenen Maximalbetrag, sinkt, abermals schwankend, bis unter den Ruhedruck, und nach etwa der gleichen Zeit, welche während dieser Druckänderungen verfließt, tritt der eigentliche Stoß in Spalte 4 ein, nachdem der Schieber schon geschlossen war.
5	2,5	5	21	—	—	—	—	11	
6	2,5	3 bis 4	20	—	—	—	—	17	
7	2,5	1	20	—	—	—	—	17	
8	2,5	plötzlich	20	—	—	—	—	17	
9	2	10	2 keine Steigerg.	—	—	—	—	—	Nr. 9 bis 19 an der Hausleitung, die nicht direkt durch die städtische Leitung, sondern aus einem auf dem Dachboden befindlichen Zwischenreservoir gespeist wird.
10	2	7	3	—	—	—	—	—	
11	2	5	5	—	—	—	—	—	Allmähliche Zunahme des Druckes bis zum Werte von Spalte 4, ebenso Abnahme bis wenig unter den Ruhedruck, hierauf Wiederholung der Drucksteigerung in immer geringer werdendem Maße. Die erste Erhebung und Absenkung tritt während des Schließens ein, die späteren nach bewirktem Schlusse des Schiebers.
12	2	3	8	—	—	—	—	—	
13	2	1,5	15	—	—	—	—	—	
14	2	1	20	—	—	—	—	—	
15	2	plötzlich	25,5	—	—	—	—	—	
16	2	3	—	3	3	—	—	—	Nr. 16—19 wurden zur gleichen Zeit registriert wie Nr. 12 bis 15. Aus 16 bis 19 geht hervor, daß Wasserstöße sich auf ziemlich weite Entfernungen im Rohrstrang fortpflanzen, mit nur unwesentlicher Abnahme der Intensität.
17	2	1,5	—	5	5	—	—	—	
18	2	1	—	7	6	—	—	—	
19	2	plötzlich	—	10	8	—	—	—	
20	2,5	plötzlich	—	—	—	2,5	—	—	Der Windkessel war in die städt. Leitung innerhalb des Grundstücks eingeschaltet, ohne Abzweigung. Nr. 20 u. 21 an der Zuleitung beobachtet. Nr. 22 u. 23 im Windkessel beobachtet.
21	2,5	plötzlich	—	—	—	—	6	4	
22	2,5	plötzlich	—	—	—	2,5	—	—	
23	2,5	plötzlich	—	—	—	—	6	4	

Nr.	Ruhedruck	Zeitdauer des Schließens	Geschwindigkeit des Wassers in der Leitung	Kein Windkessel vorhanden	Kleiner Windkessel mit Luft	Großer Windkessel		—	Bemerkungen
						voll Luft	voll Wasser		
	Atm.	Sek.	m	Atm.	Atm.	Atm.	Atm.		
24	2	0,01	1,2	9,6	6,6	3,6	10,7	—	Der Windkessel saß auf einem rechtwinklig zur Rohrachse abzweigenden Stutzen, die gebräuchliche Art der Anordnung, daher die geringe Wirkung gegenüber Nr. 20 u. 22.
25	2	0,01	1,8	16,2	10,5	6,0	16,2	—	
26	2	0,01	2,5	20,5	17,5	8,4	21,4	—	

Beispiel für die Berechnung des Luftinhalts eines Windkessels. Eine Lokomotivremise, die 1 Kilometer vom Hauptbahnhof einer Großstadt entfernt liegt, soll mit Wasser versorgt werden, das in der Hauptsache zum Speisen der in der Remise dienstbereit zu haltenden Lokomotiven dient. Die Füllzeit eines Tenders von 20 Kubikmeter Wasserfassungsvermögen soll 10 Minuten einschließlich aller Verrichtungen nicht übersteigen; gefüllt wird jeweils am Wasserkran nur eine Maschine. Wie groß wird der lichte Durchmesser der mit 2 Atmosphären mittlerem Betriebsdruck bei 1 Kilometer Länge und mit $u = 1{,}05$ Meter neu anzulegenden Leitung und wie groß der Windkessel des Wasserkrans mit aktivem halben Luftinhalt bei 3 Atmosphären Maximaldruckzunahme?

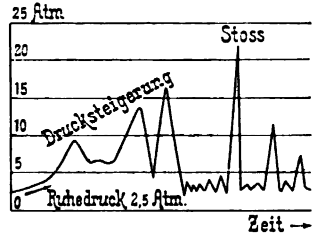


Fig. 490. Darstellung der Stoßwirkungen in Wasserleitungen [3].

Die in der Leitung zu transportierende Wassermenge beträgt 33 Sekundenliter; diese erfordern bei 1,05 Meter Geschwindigkeit im Rohr einen lichten Durchmesser von 200 Millimeter. Dem entspricht das in Fig. 489 gezeichnete Normalmodell II der Königl. Preußischen Staatsbahnen mit 200 Millimeter Durchflußweite des Wasserkrans. Als Windkesselkonstruktion sei diejenige der Fig. 491 gewählt; die Zeit zum Schließen des Absperrschiebers werde zu 10 Sekunden angenommen. Zunächst sei an Hand der Fig. 489 u. 491 die Stoßwirkung des Wassers veranschaulicht. Wird rechts der Regulierschieber abgeschlossen, so drängt links die ganze im 1 Kilometer langen Rohrstrang bewegte Wassermasse infolge der Trägheit nach und tritt zum Teil in den Luftraum des Windkessels ein, hier das vorhandene Luftquantum unter Überwindung seines Widerstandes zusammendrückend, also eine gewisse Arbeit leistend. Diese Arbeit kann, wie jede andere mechanische Arbeit, nur längs eines bestimmten Weges, auf dem der Widerstand überwunden wird, geleistet werden. Der Weg ist hier zu messen als senkrechte Erhebung des Wasserspiegels aus dem Ruhezustande (in der Fig. 491 mit „Normal" bezeichnet) in den Zustand nach dem Schluß des Schiebers (in der Fig. „Maximal"). Es ist notwendig, über dem Maximalwasserstand noch einen Vorrat an Luft zu behalten, damit auch bei unvorhergesehenen größeren Pressungen in der Leitung, welche durch noch schnellere Wasserentnahme oder durch Schwankungen vom Rohrnetz der Stadt her entstehen können, immer noch ein elastisches Kissen von Luft zwischen dem Wasser und der obersten Wandung des Windkessels verbleibt. Ebenso darf der niederste Wasserspiegel (in der Fig. „Minimal") nicht bis an die seitlichen Ein- und Ausgangsstutzen sinken, falls in der Leitung niederere Pressungen sich einstellen, da sonst bei Benutzung der Anlage die Luft aus dem Windkessel nach dem Wasserkran entweichen würde. Die Erhaltung eines gewissen Luftquantums gehört zu den ersten Bedingungen einer wirksamen Windkesselanlage, denn die Wiederersetzung verloren gegangener Luft ist so schwierig und zeitraubend, daß sie in der Regel unterlassen wird und trotz der sinnreichsten Einrichtungen, die hierfür getroffen zu werden pflegen, findet man häufig die Windkessel stationärer Wasserleitungsanlagen (also nicht Pumpenwindkessel) mehr oder weniger voll mit Wasser. Sie haben dann, wie Carpenter in der Versuchsreihe 24 bis 26 der obigen Tabelle gezeigt hat, einen zweifelhaften Wert.

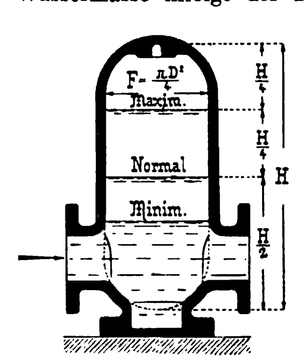


Fig. 491. Vertikaler Windkessel.

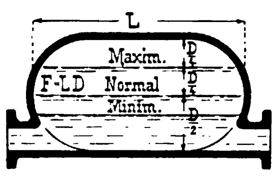


Fig. 492. Horizontaler Windkessel.

Es ergibt sich nun bei der Windkesselanordnung nach Fig. 491 von selbst, daß der normale Wasserstand in der Mitte, d. h. in der halben Höhe des Windkessels liegt; treten dann Schwankungen in der Pressung ein, so ist nach oben wie nach unten derselbe Spielraum vorhanden. Daß durch diese Lage eigentlich der Windkessel nur halb ausgenutzt erscheint, ist ein leidiger, aber nicht zu beseitigender Übelstand. Versuche an Pumpenwindkesseln, die bei jedem Pumpenhube Wasser ein- und austreten lassen und deshalb etwas anders zu beurteilen sind als vorliegender Fall, haben gezeigt, daß mit tiefer gelegtem Wasserspiegel die Dauer der Ausnützung des größeren Luftquantums eine sehr vorübergehende ist. Je tiefer der Wasserspiegel im Windkessel liegt, desto leichter erreichen die ab und zu eintretenden Wasserwellen (das sogenannte fluktuierende Wasserquantum) den Spiegel, durchbrechen ihn auch zuweilen und wickeln bei der Umkehr von dem vorhandenen Luftvorrat mit ein, um ihn allmählich aus dem Windkessel mit dem Wasserstrom zu entführen. Liegt der Wasserspiegel höher, so dauert es ungleich länger, bis von dem Luftvorrat einiges verschwindet.

Wird nun der beständige Luftvorrat auch bei der zu erwartenden höchsten Pressung mit $^1/_4$ des ganzen Windkesselinhalts oder, wie in der Fig. 491 angegeben, zu $0{,}25 \,.\, HF$ angenommen,

wobei H die ganze Höhe, F die Querschnittsfläche des Windkessels ist, so ergibt sich nach unserer Voraussetzung bei der maximalen Erhebung des Spiegels um 0,25 H (von Normal zu Maximal in Fig. 491) eine absolute Pressung p_m von 6 Atmosphären = 60 000 Kilogramm-Quadratmeter.

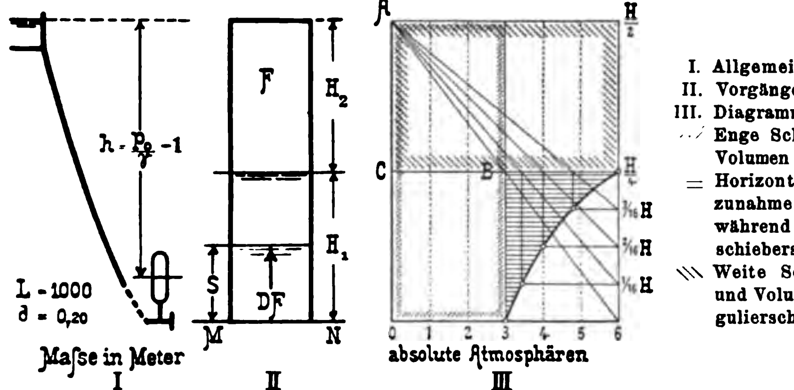
In unserem Falle liegt der Schieber hinter dem Windkessel und es wird als zulässig angenommen, daß die Kraft, herrührend von dem Überdruck h der Zuleitung, Fig. 493 I, konstant $= p_0$ pro Quadratmeter (absolut genommen) sei. Es setzt dies voraus, daß von den Druckverlusten in der Zuleitung und den in Bezug auf h geringen Schwankungen des Luftvolumens im Windkessel abgesehen werden könne. Zu diesem Drucke p_0 kommt dann, wenn der Schieber geschlossen wird, die im allgemeinen veränderliche Kraft PF, unter P die an beliebiger Stelle s pro Quadratmeter entstehende Pressung aus der durch den Schieberschluß hervorgerufenen Änderung der lebendigen Kraft des Wassers in der Rohrleitung verstanden. F ist der konstante Querschnitt des Windkessels. Die Kräfte, welche auf das Zusammenpressen der Luft im Windkessel hinarbeiten, sind also pro Quadratmeter gegeben durch (vgl. Fig. 493 II):

$$D = p_0 + P,$$

und die ganze auf das Luftvolumen $F\,(H_1 + H_2 - s)$ im Windkessel arbeitende Pressung ist:

$$1)\quad DF = p_0\,F + PF.$$

$p_0\,F$ darf, wie oben gesagt, konstant angenommen werden. PF ist veränderlich und entspricht,



I. Allgemeine Disposition.
II. Vorgänge im Windkessel.
III. Diagramm der Pressungen:
Enge Schraffur stellt Druck und Volumen vor der Entnahme dar;
= Horizontale Schraffur ist Druckzunahme und Volumenabnahme während Schließens des Regulierschiebers;
Weite Schraffur bedeutet Druck und Volumen nach Schluß des Regulierschiebers.

Fig. 493. Theoretische Ermittlung der Drucksteigerung in Windkesseln.

wenn die Bewegung auf der Strecke H_1 abschließt, d. h. wenn die Energie, die infolge des Schieberschlusses entsteht, nach Ablauf des Weges H_1 von dem Luftvolumen im Windkessel aufgenommen ist, der Gleichung:

$$2)\quad \frac{G}{2g} \cdot v^2 = \int_0^{H_1} FP \,.\, ds = F \int_0^{H_1} P \,.\, ds,$$

wobei G das Gewicht der in der Rohrleitung enthaltenen Wassermenge, v deren Geschwindigkeit, $g = 9{,}81$ ist.

P ist bis jetzt unbekannt, läßt sich aber aus den Bedingungen der Aufgabe entwickeln. Soll nämlich in der Höhe H_1 über der Mittellage MN (Fig. 493 II) die spezifische Pressung p_m betragen, also $D = p_m$ sein, so folgt aus dem Mariotteschen Gesetze, da für eine beliebige Lage s das Luftvolumen V, also für die höchste Lage H_1 auch das Volumen V_m berechnet werden kann, allgemein:

$$D\,V = p_m\,V_m; \quad V = F\,(H_1 + H_2 - s); \quad V_m = F\,H_2$$

$$3)\quad D = \frac{p_m\,V_m}{V} = \frac{F\,H_2\,p_m}{F\,(H_1 + H_2 - s)}.$$

Nachdem aber gemäß 1) $D = p_0 + P$, ergibt sich aus 3):

$$4)\quad P = \frac{p_m\,H_2}{H_1 + H_2 - s} - p_0.$$

Ist dieser Wert festgestellt, so läßt sich Gleichung 2) integrieren und die Aufgabe ist gelöst. Die Integration zwischen $s = 0$ und $s = H_1$ ergibt damit:

$$5)\quad \frac{G\,v^2}{2\,g} = F\left(p_m\,H_2 \log \text{nat} \frac{H_1 + H_2}{H_2} - p_0\,H_1\right).$$

aus welcher Gleichung sich auch der Wert von p_m eliminieren läßt.

Nach unserer Voraussetzung ist $H_1 = H_2 = H/4$ (vgl. Fig. 493 II); ferner ist $p_0 = 30\,000$, $p_m = 60\,000$ und das Gewicht der in der Rohrleitung bewegten Wassermenge $G = 1000 \cdot \pi \cdot 0{,}1^2 \cdot 1000 = 31\,416$ Kilogramm. Die Geschwindigkeit v in der Rohrleitung beträgt 1,05 Meter pro Sekunde. Man erhält also aus 5):

$$\frac{31\,416 \cdot 1{,}05^2}{2 \cdot 9{,}81} = 1765 = \frac{60\,000 \cdot F H}{4} \log \text{nat}\, 2 - \frac{30\,000 \cdot F H}{4} = 7500 \cdot F H (2 \log \text{nat}\, 2 - 1).$$

Der Durchmesser D des Windkessels soll zu $H/3$ angenommen werden; daraus ergibt sich $F = \pi D^2 : 4 = \pi H^2 : 36$ und $FH = \pi H^3 : 36$. Setzt man diesen Wert ein und löst nach H auf, so folgt:

$$6) \quad H = \sqrt[3]{\frac{1765 \cdot 36}{7500 \cdot 0{,}3863 \cdot 3{,}14}} = 1{,}91 \text{ m}.$$

Für den horizontalen Windkessel, entsprechend Fig. 492, ist H aus 5) mit $F = LD$ zu berechnen.

Die spezifische Drucksteigerung P läßt sich in einfacher Weise graphisch ermitteln, wie in Fig. 493 III gezeigt ist. Die Werte von P entsprechen in derselben den horizontalen Linien der Fläche $\overline{3BH/4}$, die Abszissen den absoluten Pressungen p, die Ordinaten den Erhebungen s des Spiegels von Normal bis Maximal nach Fig. 491, also innerhalb des Gesamtbetrags von 0 bis $0{,}25 \cdot H$. Man erhält damit für eine beliebige Stelle in der Höhe s über Normal aus der Fig. 493 III die Proportion:

$$(30\,000 - P) : (0{,}25 \cdot H - s) = (30\,000 + P) : 0{,}25 \cdot H,$$

deren Auflösung die Identität mit Gleichung 4) ergibt. Für die Werte von $s = H/16$, $\overline{H/8}$, $3H/16$ sind die Ordinaten in Fig. 493 III konstruiert. Die horizontal schraffierte Fläche $\overline{3BH/4}$ entspricht dem Arbeitsdiagramm der spezifischen Drucksteigerung P.

Würde man die Hyperbel $\overline{3H/4}$ durch eine Gerade ersetzen, so wäre die gesamte Arbeitsleistung von P statt nach 5) einfacher mit $P = 15\,000$ Kilogramm-Quadratmeter als Mittelkraft pro Flächeneinheit zu berechnen. Innerhalb der Grenzen von $s = 0$ bis $s = 0{,}25 \cdot H$ würde diese rohe Annäherung ergeben:

$$1765 = 3750 \cdot F H, \quad H = 1{,}76 \text{ Meter},$$

wie ohne weiteres auch aus Fig. 493 III folgt, denn $30\,000 \cdot H/8 = 3750 \cdot H$ entspricht dem Inhalt des Dreiecks $\overline{3BH/4}$, wenn die Hyperbel $\overline{3H/4}$ durch eine Gerade ersetzt gedacht wird.

Nach den vorstehenden Ergebnissen müßte der Windkessel eine Höhe von rund 1,8 m, einen Durchmesser von 1,8 : 3 = 0,6 Meter und einen Inhalt von rund 500 Liter erhalten.

In dem Schacht der Fig. 489 ließe sich dieser Windkessel allerdings nur auf die Weise unterbringen, daß der Holzbohlenbelag mit der Windkesselkuppe durchbrochen würde. Ist dieses wegen Frostgefahr nicht angängig, so muß der Schacht tiefer als 1,70 Meter angenommen werden, etwa 2,0 Meter. Der in Fig. 489 gezeichnete Windkessel wäre den Verhältnissen, wie sie sich in der obigen Rechnung ergeben haben, demnach nicht entsprechend.

Nach dem erfolgten Eintritt der Höchstspannung in einem Windkessel beginnt die zweite Phase der Wasserbewegung, und zwar in umgekehrter Reihenfolge. Der Wasserkörper im Röhrenstrang hat seine ganze lebendige Kraft abgegeben und ist zur Ruhe gekommen. Es besteht nunmehr aber in dem Zusammenhang zwischen Windkessel und Wasser im Röhrenstrang kein Gleichgewichtszustand. Im Windkessel des Wasserkrans herrscht die Pressung 6 Atmosphären abs., während im Rohrstrang und anschließenden Röhrennetz 3 Atmosphären abs. herrschen. Es beginnt daher alsbald der Ausgleich, der für das Rohrsystem allerdings keine Schäden veranlassen wird, dessen Verlauf kennen zu lernen jedoch einigermaßen für den Windkessel wichtig ist. Da der zusammengepreßte Luftkörper des Windkessels nicht nur dem Wasserkörper eine gewisse Geschwindigkeit zur Fortbewegung erteilen, sondern auch die Reibungswiderstände in der Leitung überwinden muß, so wird das Wasser aus dem Windkessel umso langsamer zurückgedrängt, je länger die Leitung ist; da überdies das Wasser in das Rohrnetz eintritt und dort Widerstände aller Art vorfindet, so kann die Ausgleichung der Pressungen ohne nennenswerte Nachteile sich vollziehen.

Den Zustand bleibender Ruhe wird der Wasserspiegel im Windkessel nie erreichen, da ja in der Leitung nie ein konstanter Druck herrscht. Eine Komplikation bringt nur die Trägheit des fortgedrückten Wasserkörpers mit sich, die einen Minderdruck im Windkessel erzeugen könnte, weil eine Art Saugwirkung eintritt, und somit ein Sinken des Wasserspiegels unter ein erlaubtes Maß, etwa unter den Eintrittstutzen veranlassen kann. Da jedoch im schlimmsten Falle die in die Leitung übertretende Luft bei der nächsten Vorwärtsbewegung (gegen den Windkessel) in diesen wieder hineingetrieben wird, so hat dieser Vorgang weiter keine Bedeutung. Er ist nur ein Hinweis darauf, daß der normale Wasserstand im Windkessel nicht in zu großer Nähe des Eintrittstutzens liegen soll.

Wesentlich anders liegt die Sache beim Öffnen des Schiebers behufs Wasserabgabe. Aus

dem Zustande der Ruhe heraus wird hier in nächster Nähe des Windkessels rasch eine beträchtliche Wassermenge entnommen. Daß zur Bewegung derselben durch eine Rohrleitung ein Gefälle nötig ist, bezw. ein Gefälls- oder Druckverlust zwischen dem Anfang und dem Ende der Leitung entsteht, ist in diesem Werke des öfteren dargetan worden. Zur Veranschaulichung des für eine Windkesselanlage von großem Einfluß werdenden Vorgangs sei auf das Beispiel des Lokomotivwasserkrans zurückgegangen. Die Durchleitung von 33 Sekundenliter Wasser in dem 1 Kilometer langen Röhrenstrang von 200 Millimeter lichtem Durchmesser erfordert rund 10 Meter Gefälle, also einen Druckunterschied am Kran gegen das Rohrnetz von rund 1 Atmosphäre. Würde der Regulierschieber plötzlich ganz geöffnet, so müßte ohne Zweifel vor Ingangsetzung der langen Wassersäule der nebenstehende Windkessel die zwischen ihm und dem Schieber befindliche Wassermasse mittels der in ihm aufgespeicherten gespannten Luft in Bewegung setzen und den Widerstand bis zum Ausfluß des Wassers aus der Kransäule in erster Linie bewältigen. Die senkrechte Höhe des Überlaufes in der Kransäule Fig. 489 über dem Wasserspiegel im Windkessel beträgt rund 5 Meter, in welchem Maß auch die in den verhältnismäßig weiten Kranquerschnitten verursachten nicht sehr bedeutenden Reibungswiderstände, der Einfachheit halber, eingeschlossen sein mögen. Die zunächst in Bewegung zu setzende Wassermasse wäre nach Fig. 491 etwa gleich dem halben (unteren) Windkesselinhalt mit 0,25 Kubikmeter oder 250 Liter. Diese würden mit einer Anfangsgeschwindigkeit nach dem offenen Schieber hingedrückt werden, welche aus der Ruhedruckhöhe von 2 Atmosphären Überdruck im Windkessel, vermindert um höchstens 5 Meter, die etwa außerhalb des Schiebers durch die Kransäule erwachsen, also aus $h = 20 - 5 = 15$ Meter erzeugt werden können. Die Geschwindigkeit wäre: $v = \sqrt{2\,g\,h} =$ rd. 17 Meter pro Sekunde, die Ausflußmenge durch den 200 Millimeter-Schieber: $q = f \,.\, v = 3{,}14$ Quadratdezimeter . 170 Dezimeter = 530 Liter; der Windkessel würde seines 250 Liter Inhalt haltenden Wasservorrates in $250/530 = 0{,}47$ Sekunden ledig sein und die Luft würde dem Wasser nachfolgen. (In Wirklichkeit wird sich der Vorgang noch schneller abspielen, da die Kransäule als leer angenommen werden kann.) Das plötzliche Öffnen des Schiebers ist natürlich unzulässig, bei den normalen Schiebereinrichtungen sogar unmöglich; es mögen jedoch an manchen Orten durch verhältnismäßig rasches Öffnen ähnliche Vorgänge sich abgespielt haben, da die wassergefüllten Windkessel, die das Resultat dieser Vorgänge sind, nicht gerade zu den Seltenheiten gehören.

Bei dieser Gelegenheit soll auch auf die Folgen des plötzlichen Absperrens eines solchen Schiebers hingewiesen werden. Würde es z. B. möglich sein, denselben in der Zeit von 0,5 Sekunden bei einer mit 1,05 Meter durchfließenden Wassermenge von 33 Sekundenliter zu schließen, so wäre das in Bewegung befindliche Wassergewicht, wie früher berechnet, 31 416 Kilogramm, also die Bewegungsgröße (Momentankraft) $= \frac{31\,416}{g} \,.\, 1{,}05 = 3360$ Kilogramm. Die mittlere Pressung P, welche der Schieber während 0,5 Sekunden entgegensetzen müßte, wäre aus der Beziehung $0{,}5 \,.\, P = 3360$ zu $P = 6720$ Kilogramm zu ermitteln; sie würde, auf den Rohrquerschnitt verteilt, einem Drucke von 21,5 Atmosphären entsprechen. Gewöhnlich sind nun zwar die Einrichtungen derart, daß die Unmöglichkeit besteht, in 0,5 Sekunden abzuschließen; immerhin ist aber aus dieser Betrachtung zu ersehen, daß die bei Bahnhöfen bestehende Vorschrift über die Probedruckhöhe, die oft das 10fache des bestehenden Leitungsdrucks beträgt, durchaus gerechtfertigt ist, denn nicht nur der Leitungsdruck im Rohr, sondern auch die in ihm bewegte Größe des Wasserkörpers ist an der Stoßwirkung beteiligt, welche sowohl von den Armaturen als auch von den Rohren und Dichtungsstellen ausgehalten werden muß.

Vorsichtsmaßregeln beim Ablassen des Wassers. Es soll nunmehr gezeigt werden, welches die zweckmäßige Behandlung bei der Öffnung des Schiebers sein muß, um den Luftbestand im Windkessel möglichst zu erhalten. Der Schieber ist nur langsam zu öffnen; zu jeder halben Umdrehung der Schieberspindel etwa 1 Sekunde Zeitaufwand wird das Richtige treffen. Wenn zwischen jeder halben Umdrehung wieder 1 Sekunde verstreicht, so hat dieses nur einen guten Einfluß auf die allmähliche Beschleunigung der Wassersäule im Rohrstrang, wie auf die Erhaltung der notwendigen Höhe des Wasserspiegels im Windkessel. In den meisten Fällen braucht der Schieber gar nicht ganz geöffnet zu werden, wie das Beispiel des Wasserkrans lehrt; um die verlangten 33 Sekundenliter ausfließen zu lassen, genügt bei dem Ruhedruck von 2 Atmosphären Überdruck im Windkessel, der durch die Kranhöhe von 5 Meter um $^1/_2$ Atmosphäre und durch den Reibungsverlust im Rohrstrang um 1 Atmosphäre, im ganzen also um $1\,^1/_2$ Atmosphären, d. i. auf $^1/_2$ Atmosphäre vermindert wird (daher bei der restlich wirksamen Druckhöhe = 5 Meter die daraus erzeugte Durchflußgeschwindigkeit annähernd $v = \sqrt{19{,}62 \,.\, 5} = 6{,}3$ Meter ist), eine Schieberöffnung von $f = \frac{q}{v} = \frac{33 \text{ Sekundenliter}}{63 \text{ Dezimeter}} = 0{,}52$ Quadratdezimeter = 52 Quadratzentimeter, also $\frac{52}{314} =$ rd. 0,16 der Fläche des 200 Millimeter-Schiebers; dies wird aber schon bei zirka $^1/_8$ Stellhöhe des Schiebers erreicht, wie nachstehende Tabelle von Weisbach zeigt.

Stellhöhe des Schiebers	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{8}$
Querschnittsverhältnis der Fläche unter dem Keil zu der vollen Kreisfläche des Schieberdurchmessers	0	0,159	0,315	0,466	0,609	0,740	0,856	0,948	1,00

Einer Stellhöhe von $^1/_8$ des Durchmessers würde für den 200 Millimeter-Schieber: $\frac{200}{8} = 25$ Millimeter Spindelerhebung entsprechen, welche, wie in der Fig. 489 zu ersehen, bei der getroffenen Anordnung der steigenden Schieberspindel oberhalb des Handrades leicht abzumessen oder abzuschätzen ist, denn die Schieberspindel ist im geschlossenen Zustand des Schiebers mit der oberen Nabenfläche des Handrades ebenbündig, und sie tritt, da das Handrad in der Nabe das Muttergewinde hat, bei seiner Drehung im Öffnungssinne in gleichem Maße der Eröffnung des Schiebers über die Nabenfläche empor. Der Erhebung von 25 Millimeter dürften nach der Tabelle S. 165 etwa 4 bis 5 ganze = 8 bis 10 halbe Umdrehungen des Handrades entsprechen, was mit der Einhaltung der angegebenen Zeiten etwa 10 . 2 = 20 Sekunden im ganzen ausmachen würde. So viel Zeit wird jeder Wärter zum Öffnen des Regulierschiebers verwenden können*).

Es läßt sich die Stellhöhe eines derartigen Abschlußschiebers auch auf mechanischem Wege begrenzen, indem auf die Schieberspindel unterhalb der Fußplatte ein Stellring befestigt wird, dessen genaue Lage für jeden einzelnen Fall ausprobiert werden muß, und der eine Weitererhebung der Schieberspindel, bezw. ein Weiteröffnen des Schiebers als für die beabsichtigte Maximalwassermenge nötig nicht zuläßt. Ein weiteres Mittel besteht darin, hinter den Abschlußschieber, zwischen Schieber und Fußkrümmer eine Blechscheibe einzufügen, die am unteren Ende eine dem benötigten Querschnitt entsprechende Öffnung besitzt; für den berechneten Fall mit 52 Quadratzentimeter genügte ein kreisrundes Loch von 82 Millimeter Durchmesser. Dieses Aushilfsmittel hat jedoch den Nachteil, daß die Flanschenverbindung zwischen Schieber und Fußkrümmer immer gelöst werden muß, wenn Änderungen in der Wasserbeschaffung eintreten.

Es sei nun angenommen, der Schieber werde so bewegt, daß in etwa 20 Sekunden die regelmäßige Wasserzufuhr eingeleitet worden ist. Wie oben auseinandergesetzt, herrscht dann im Windkessel noch ein um den Leitungsverlust verminderter Druck von: 2 Atmosphären Ruhedruck — 1 Atmosphäre Gefällsverlust = 1 Atmosphäre Überdruck = 2 Atmosphären absolut.

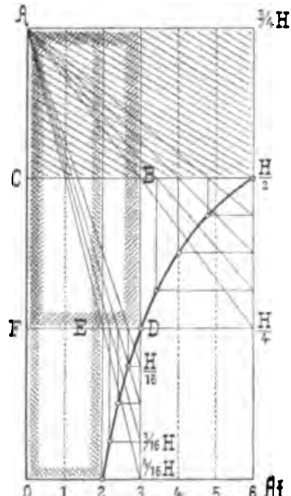


Fig. 494. Graphische Ermittlung der Spannungs-Ab- und -Zunahme beim Öffnen und Schließen des Regulierschiebers an Windkesseln.

An Hand der Fig. 494 läßt sich nun der Verlauf der Spannungsabnahme im Luftraum des Windkessels verfolgen. Die Ausdehnung der Luft geht hier nach demselben Gesetze (Abt. I, S. 17) vor sich, wie bei Fig. 493 die Zusammenpressung. Es ist wieder durch die Fläche $\overline{FD} \times \overline{FA}$ der Ruhezustand des mit Luft von 3 Atmosphären absoluter Spannung halbgefüllten Windkessels (das Volumen = der Windkesselhöhe gedacht) dargestellt, und durch die Fläche $\overline{0\,2} \times \overline{0A}$ der Zustand nach der Wasserentnahme. Der Inhalt beider Flächen muß gleich sein, wenn angenommen wird, daß keine Luft aus dem Windkessel entwichen ist. In der Tat ist $2 . 0{,}75\ H = 3 . 0{,}5 H$, d. h. durch das Herabsinken der Luftspannung von 3 Atmosphären abs. auf 2 Atmosphären abs. ist umgekehrt das Luftvolumen auf 0,75 H gegen 0,5 H des Ruhezustandes angewachsen. Hierbei ist der Wasserspiegel im Windkessel um 0,75 H — 0,5 = 0,25 H gesunken, und damit wäre für das angegebene Beispiel der tiefste Stand erreicht. Die Kurve $D - 2$ in Fig. 494 zeigt die stufenweise Druckabnahme bei Vergrößerung des Volumens um je $\frac{1}{16}$ H. Sie bildet die Fortsetzung der aus Fig. 493 erhaltenen Kurve. Da es

*) Nach einer Notiz in Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1905, S. 1058 und 1906, S. 840 wird auf der Strecke Berlin-Hannover auf dem Bahnhof Öbisfelde in $1^3/_4$ Minuten der 20 Kubikmeter fassende Tender, der zur ununterbrochenen Zurücklegung der 254 Kilometer langen Fahrt 32 Kubikmeter Wasser an die Lokomotive abgeben sollte, um weitere 12 Kubikmeter aufgefüllt; dies ergibt = rd. 120 Sekundenliter. Da eilt es allerdings mehr!

sich hier jedoch wiederum um Bewegung der Wassermasse im Windkessel, um ein förmliches Herabfallen des Wasserspiegels von 0,25 H auf die Nulllinie, handelt, so kommen auch die bekannten Trägheitserscheinungen noch mit in Betracht. Es wird daher unter der Voraussetzung, daß der zurückzulegende Weg, hier 0,25 H, mit wesentlicher Geschwindigkeit durchlaufen wird, ein noch weiteres Sinken des Wasserspiegels eintreten. Wird der Schieber aber, wie oben ausgeführt, in 20 Sekunden geöffnet, so daß $v = H : 4 \,.\, t = 0{,}022$ Meter, d. h. die Geschwindigkeit des sinkenden Wasserspiegels 22 Millimeter in der Sekunde nicht überschreitet, so ist eine nennenswerte Äußerung des Beharrungsvermögens der an sich schon nicht beträchtlichen Wassermasse des halb mit Luft, halb mit Wasser gefüllten Windkessels nicht zu erwarten. Beim Schließen des Schiebers in der Hälfte der Öffnungszeit, also in 10 Sekunden, wie im Beispiel S. 324 angegeben war, ist der doppelte Weg, also 2 . 0,25 H vom eindringenden Wasser zurückzulegen, wie aus Fig. 494 hervorgeht, es wird daher die gleiche Geschwindigkeit beim steigenden wie beim sinkenden Wasserspiegel sein.

Nach Versuchen Claußens [3] nimmt die Druckabnahme im Windkessel bei langsamem Öffnen des Regulierungsschiebers den in Fig. 495 gezeichneten Verlauf; aus der konstanten Spannung der nach der Öffnung registrierten Drucklinie ist zu schließen, daß nach Absenkung des Ruhedruckes eine weitere Druckabnahme als bis auf die dem Gefällsverlust entsprechende Pressung nicht stattfindet, daher auch kein weiteres Sinken des Wasserspiegels im Windkessel eintritt. Fig. 496 zeigt die Druckabnahme in einem Windkessel ohne Luftinhalt bei plötzlichem Öffnen des Entleerungsschiebers. Die Spannung sinkt hier bis auf die atmosphärische Linie herab, und erhebt sich nachher erst wieder auf die dem Gefällsverlust entsprechende Pressung. Da eine Druckabnahme auf 0 ohne Sinken des Wasserspiegels im Windkessel nicht wohl gedacht werden kann, so wird der obere vorher ganz mit Wasser angefüllte Raum nunmehr mit Luft erfüllt sein müssen, die sich während der Druckabnahme aus dem Wasser heraus entwickelte. Wird etwa aus dem Windkessel der Wasserinhalt ganz hinausgetrieben, so geht diese Luft mit dem Wasserstrom fort, und das Luftquantum wird verringert. Bei Abschluß des Schiebers füllt sich dann der Windkessel mit Wasser wieder an, jedoch nicht bis auf den letzten Rest, da immer noch Luft, wenngleich von niedererer Spannung, vorhanden sein mußte. Nach Fig. 494 läßt sich für Luft von jeder beliebigen Spannung das zugehörige Endvolumen bestimmen.

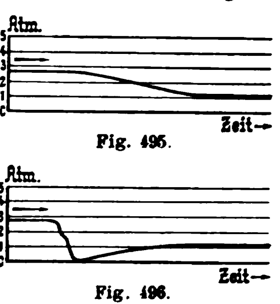


Fig. 495.

Fig. 496.

Fig. 495 u. 496. Schaulinien der Druckabnahme in Windkesseln bei langsamem bezw. schnellem Öffnen des Regulierschiebers.

Innerhalb der durch Fig. 494 dargestellten Grenzspannungen von 2 bis 6 Atmosphären abs., werden sich bei normalem Betriebe des Windkessels in dem Beispiele nach der Mariotteschen Linie die Drücke einstellen. Ersichtlich ist, daß der unterste Rest 0,25 H (in der Figur nicht mehr enthalten) voll Wasser bleiben muß, wenn nicht Gefahr eintreten soll, daß die bis 2 Atmosphären abs. expandierte Luft, die bereits $^3/_4$ des Windkesselvolumens einnimmt, durch den Austrittstutzen fortgerissen wird. Daher bestimmt sich die Lage des normalen Wasserspiegels auf 0,5 H, wie in Fig. 491 S. 324 gezeigt ist. Beim Schließen des Schiebers geht die Kompression der Luft von 2 bis 6 Atmosphären abs. nach der Hyperbel 2 — 0,5 H vor sich, vgl. Fig. 494.

Anfüllen der Windkessel mit Luft. Es sollen nun die Mittel angegeben werden, mit denen man im stande ist, den Windkessel mit Luft zu füllen, falls durch irgend ein Versehen diese entweicht. Wenn die Möglichkeit vorhanden ist, den Zuleitungsstrang ganz oder teilweise von Wasser zu entleeren, so bietet sich als einfachstes Mittel folgendes. Der Zuleitungsstrang wird zunächst der Abzweigung vom Rohrnetz abgesperrt, da in der Regel dort, wenn überhaupt, eine Entleerungsvorrichtung des Stranges sich vorfinden dürfte. Hierauf wird der Regulierschieber am Wasserkran Fig. 489 etwas geöffnet, damit bei der Entleerung des Rohrstranges die atmosphärische Luft in diesen eintreten und ihn anfüllen kann. Der Windkessel füllt sich hierbei mit derselben atmosphärischen Luft an. Nach beendigter Entleerung des Stranges, wenn alles Wasser ausgelaufen ist oder, falls der Auslauf verdeckt liegt und das entleerende Wasser nicht beobachtet werden kann, nach dem Aufhören des Geräusches am Regulierschieber, das die eindringende Luft verursacht (man überzeugt sich hiervon am besten, wenn man das Ohr auf die oben zu Tage tretende Schieberspindel legt, oder, da in strenger Kälte dieses Mittel nicht anzuraten ist, wenn man ein Stück dünnen Metalls — Drahtstift, selbst Bleistift [!] — zwischen die Zähne nimmt, die beiden Ohren mit den Händen zuhält und das Ende des Stifts auf die Schieberspindel bringt; so wird das leiseste Geräusch vernehmbar), schließt man den Regulierschieber sowie den Entleerungsschieber (oder Hahn) so dicht als möglich ab und öffnet langsam den Absperrschieber vom Rohrnetz her, den man am Anfange der Handhabung geschlossen hatte. Es dringt nun das Leitungswasser mit dem Druck, der im Rohrnetz herrscht, in den mit atmosphärischer Luft angefüllten Zuleitungsstrang, preßt diese zusammen und treibt sie in den höchstgelegenen Windkesselraum. Unter Umständen, bei

sehr langer Zuleitung oder verhältnismäßig kleinem Windkessel, wird hierbei nicht nur der ganze Windkessel, sondern auch noch das letzte, und zwar das höher als das Rohrnetz gelegene Stück, das sich an den Windkessel anschließt, mit gespannter Luft gefüllt. Diese wird jedoch beim ersten Gebrauch des Wasserkrans sofort entweichen und nur der Windkessel bleibt, wenn auch anfänglich etwas mehr als 3/4 voll, mit Luft von der um den Gefällsverlust verminderten Spannung gefüllt. Die Füllung des Windkessels auf die eben beschriebene Art vollzieht sich nach gleichem Gesetze, wie die mehrerwähnten Vorgänge nach den Diagrammen Fig. 493 u. 494. In Fig. 497 ist der Vorgang graphisch gezeigt, gleichzeitig unter Bezugnahme auf die Volumina des in Rede stehenden Beispiels. Der Windkessel faßt, wie oben erwähnt, rund 500 Liter; zu seiner Füllung mit gespannter Luft von 3 Atmosphären abs. (entsprechend der Ruhespannung im Rohrnetz) werden somit 1500 Liter atmosphärischer Luft benötigt, da 1 Atmosphäre . 1500 Liter = 3 Atmosphären . 500 Liter. Es würde somit genügen, eine 200 Millimeter-Rohrstrecke von $\frac{1500 - 500 \text{ Liter}}{3{,}14 \text{ Quadratdezimeter}}$ = rd. 320 Dezimeter = 32 Meter Länge vom Windkessel ab gerechnet, zu entleeren, um den Windkessel ganz mit gespannter Luft zu füllen, und $\frac{750 - 500 \text{ Liter}}{3{,}14 \text{ Quadratdezimeter}}$ = rd. 8 Meter, um den Luftinhalt auf das normale Maß, mit dem Wasserspiegel in der Mitte, nach Fig. 491 zu bringen. Durch mehrmaliges Probieren des beschriebenen Verfahrens wird es dem Personal auch gelingen, nur diejenige Wassermenge aus dem Zuleitungsstrang zu entleeren, die zu letzterem Zweck benötigt wird.

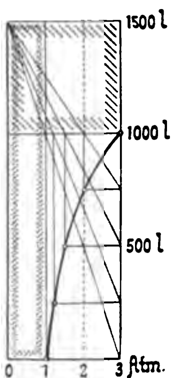


Fig. 497. Graphische Ermittlung der Volumenabnahme beim Füllen des Windkessels mit atmosphärischer Luft.

Es fragt sich nun, wie weit es möglich ist, mit der in Fig. 489 gezeichneten Einrichtung im Schacht der Krananlage den Windkessel mit Luft zu füllen, falls der Zuleitungsstrang nicht entleert werden könnte. Möglicherweise läßt sich der mit Wasser gefüllte Windkessel ohne Lufthahn entleeren; es braucht nur der Absperrschieber vor dem Windkessel geschlossen und der Regulierschieber abwechslungsweise geöffnet und nach Übertritt von Luft aus der Kransäule in den Windkessel, was bei 200 Millimeter lichter Weite immer stattfinden dürfte, wieder geschlossen zu werden, wobei der Entleerungshahn sich öffnet. Hierauf entleert sich sowohl Kransäule als Windkessel und die Innenräume füllen sich, nachdem der Regulierschieber wieder etwas geöffnet worden, mit atmosphärischer Luft, wie bei dem schon beschriebenen Verfahren. Wird nun der Regulierschieber wieder dicht geschlossen und der Absperrschieber langsam geöffnet, so wird der gesamte Luftinhalt der Windkesselanordnung in die Kuppe hinaufgedrängt. Die der Fig. 489 zu entnehmenden Maße ergeben aus der Rohrlänge des T-Stutzens mit den Räumen bis je an den Schieberkeil gemessen ein Volumen von rund 38 Liter (bei 200 Millimeter Lichtweite), der Windkessel ein Volumen von 72 Liter (bei 450 Millimeter Lichtweite), zusammen 110 Liter.

Nach dem Mariotteschen Gesetz $p_0\,v_0 = p_1\,v_1$ wird somit: 1 Atmosphäre . 110 Liter = 3 Atmosphären . V_1 Liter, hieraus V_1 = rd. 36 Liter, der Windkessel von 72 Liter wird also, wie verlangt, halb mit Luft von der Betriebsspannung (2 Atmosphären Ruhedruck) gefüllt werden können. Allein sein Luftinhalt genügt nicht, wie oben berechnet wurde, den Anforderungen des Beispiels hinsichtlich der Stoßwirkung der langen bewegten Wassersäule. Für größere Windkessel ist man daher gezwungen den Untersatz geräumig genug zu machen, damit er die fehlende Luftmenge in sich aufnehmen kann, allgemein muß sein:

$$7) \quad V_u = V_w \left(\frac{p_1}{2} - 1\right),$$

worin V_u der Inhalt des Untersatzes (auch neben dem Windkessel anzuordnen),

V_w der Inhalt des Windkessels (Luft- und Wasserraum zusammen),

p_1 die Ruhespannung in absoluten Atmosphären.

Für das Wasserkranbeispiel würde demnach unter den mit 500 Liter ganzem Inhalt berechneten Windkessel ein Untersatz zu stehen kommen von $V_u = 500\left(\frac{3}{2} - 1\right) = 250$ Liter Inhalt. Dies ergäbe bei 600 Millimeter Durchmesser (wie beim Windkessel) eine Höhe von 0,88 Meter, um welches Maß der Schacht abermals tiefer angelegt werden müßte, im ganzen also 1,80 Meter + 0,88 Meter + ca. 0,22 Meter oben = 2,90 Meter tief. Ist diese Tiefe aus lokalen Gründen unzweckmäßig, so wird der Untersatz als Fortsetzung des Windkesselfußes seitlich abgezweigt und in gleicher Höhe wie die Ein- und Austrittstutzen in horizontaler Lage längs des Schachtes angeordnet. Ein Rohr von 200 Millimeter Lichtweite zu beiden Seiten des Schachtes mit je 4 Meter Länge auf Rohrträgern gelagert, gäbe den nötigen Inhalt für den Untersatz mit 250 Liter. Zweckmäßig ist es auf alle Fälle, diese Rohre mit einem besonderen Ablaßventil für die rasche Entleerung und mit einem Lufthahn zu versehen, der das Eindringen der atmosphärischen Luft

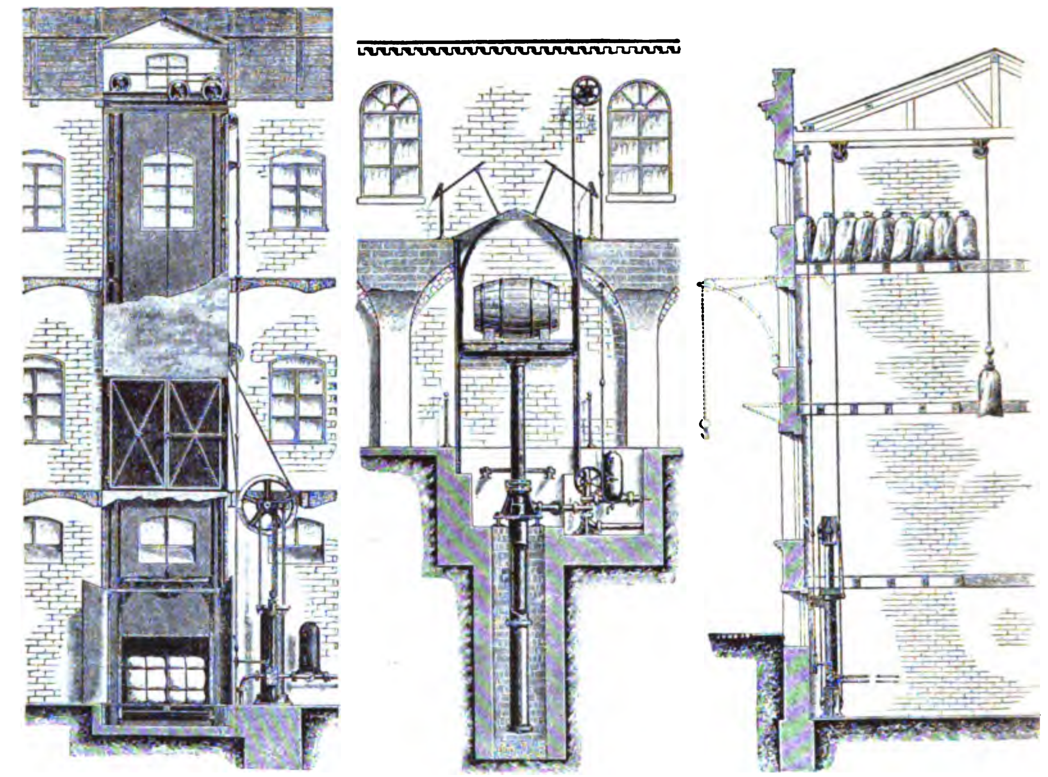
leichter gestattet als der Regulierschieber. Beide Vorrichtungen müssen aber vom Terrain aus zu bedienen sein, wenn auf ihren Gebrauch gerechnet wird; im Schacht angebracht bleiben sie fast immer unbenutzt.

D. Hydraulische Aufzüge [1], [2], [3], [4].

In der Fig. 498 ist ein an das Rohrnetz direkt angeschlossener hydraulischer Aufzug schematisch gezeichnet. Da es sich für uns im wesentlichen nur darum handelt, die Rücksichten auf das Rohrnetz, welches die Versorgung der hydraulischen Aufzüge mit städtischem Wasser übernimmt, bezw. die wechselseitigen Beziehungen und Wirkungen zwischen Rohrnetz und Aufzügen zu betrachten, so sei hier von der inneren Einrichtung der hydraulischen Aufzüge abgesehen. Alles Nähere darüber wolle in der angegebenen Literatur nachgesehen werden. Aus Fig. 498 ist zu sehen, daß vom Rohrnetz R eine Zuleitung nach dem vertikal stehenden Zylinder C des hydraulischen Aufzuges führt, die vorher einen Windkessel W passiert und durch die Steuerung S, entweder vom Fahrstuhl oder von den einzelnen Etagen aus mittels Schieber, oder Hähnen, Ventilen u. dgl. von dem Innenraum des Zylinders abgesperrt werden kann. In dem Zylinder ist der Kolben K durch die obere Stopfbüchse abgedichtet; dieser Kolben trägt den Fahrstuhl, dessen Eigengewicht, sowie die Nutzlast und alle hierher bezüglichen Widerstände mit P bezeichnet seien. Diese Bauart heißt „direkt wirkender" Aufzug (s. Fig. 499 I). Die indirekt wirkenden hydraulischen Aufzüge (s. Fig. 499 II u. III), welche in neuerer Zeit gebaut werden, unterscheiden sich von den direkt wirkenden nur insofern, als der Kolben, der sich in einem vertikalen oder horizontalen Zylinder befindet, den Fahrstuhl nicht unmittelbar trägt, sondern ihn mittels Flaschenzugrollen an einem Seil in die Höhe zieht. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß der Zylinder nicht die ganze Hubhöhe H des Fahrstuhls an Länge erhalten muß, vielmehr so viel mal kürzer sein kann, als die Übersetzungszahl des Flaschenzugs ergibt. Auch die sogenannten Teleskopaufzüge, bei welchen mehrere vertikale, rohrförmig ineinander geschobene Kolben direkt durch das Leitungswasser getrieben werden und wobei jeder Kolben nach Vollendung seines Hubes den anderen Kolben zur Wirkung kommen läßt, so daß erst die Summe aller Kolbenhübe den Fahrstuhlweg H ergibt, gestatten eine entsprechende Verkürzung des Zylinders, die das Ausheben eines tiefen Schachtes, wie in Fig. 499 I, nicht erfordern. Mag nun auch die Anordnung des hydraulischen Aufzuges eine wie immer geartete sein, die für die städtische Wasserversorgung wichtigste Eigenschaft ist allen Arten gemeinsam: der Bedarf an Wasser für einen einzelnen Hub ist stets gleich dem Volumen, das der Kolben beim Emporsteigen oder Hervortreten aus dem Zylinder zurückläßt.

Fig. 498. Schema eines direkt wirkenden hydraulischen Aufzuges.

Größe des Wasserverbrauchs für einen Hub. Soll der Kolben im Sinne des Aufwärtsganges des Fahrstuhls bewegt werden, so muß in jedem Augenblicke die Wasserpressung p_1 mal Kolbenfläche F gleich oder größer sein als die Last P (einschließlich aller Reibungen etc.). Ist hierbei der Kolben direktwirkend wie in der Fig. 498, so wird, da bei der geringsten Bewegung des Kolbens ein entsprechendes Volumen Wasser nachströmt, die gesamte während eines Hubes H verbrauchte Wassermenge gleich sein der vom Kolben im Zylinder zurückgelassenen Leere: $Q = F \cdot H$. Das Produkt $F H$ ist bei allen hydraulischen Aufzügen, welche für gleiche Last und gleiche Hubhöhe gebaut sind, gleich. Wird der Zylinder infolge von Rollenanordnungen, wie oben angedeutet, kürzer, also H kleiner, so muß dafür F in demselben Verhältnis größer sein, denn an Kraft und an Weg wird durch die Anwendung eines Flaschenzuges bekanntlich nichts erspart. Gesetzt, es sei der Kolben mit einer losen Rolle (Fig. 500) verbunden, um die ein irgendwo befestigtes Seil geschlungen wird, das dann in die Höhe über eine feste Rolle führt und an dem herabhängenden



II. Zahnstangen- und Seilbetrieb eines Warenaufzuges. I. Direkt wirkender Betrieb für einen Faßaufzug. III. Betrieb mit mehrfachen Seilrollen für einen Sackaufzug.

Fig. 499. Verschiedene Betriebsarten von hydraulischen Aufzügen. (J. Losenhausen, Düsseldorf-Grafenberg.)

Ende den Fahrstuhl trägt, so bedarf es, da jede lose Rolle in sich einen einarmigen Hebel bildet, dessen augenblicklicher Drehpunkt o an der Berührungsstelle des festen Seiles liegt, und der die Angriffspunkte der beiden Kräfte K und P am Halbmesser bezw. am Durchmesser der Rolle hat, einer zweimal so großen Kraft K gegenüber der Kraft P, damit diese auch den zweimal so großen Weg (P 1—2) zurücklegt wie die Kraft K (1—2). Daß hierbei der Kolben nach abwärts geht, während der Fahrstuhl aufwärts sich bewegt, ist von nebensächlicher Bedeutung; es gibt auch hydraulische Aufzüge, wo das Gegenteil der Fall ist, z. B. bei den mit Zahnstange betriebenen. Wird also die Kolbenfläche zweimal größer, so wird dafür der von ihr zurückgelegte Weg nur die Hälfte. So groß die Anzahl n der losen Rollen (in der Fig. 500 die punktierte Anordnung), so oftmal teilt sich der Kolbenhub in die Hälfte und verdoppelt sich die Kolbenfläche. Es ist nun für die öffentliche Wasserversorgung wichtig, daß diese Füllungen der hydraulischen Aufzugzylinder, bekannt werden. Daß es sich hierbei jeweils um ganz außerordentliche Wassermengen handelt, soll an einem Beispiel klargelegt werden.

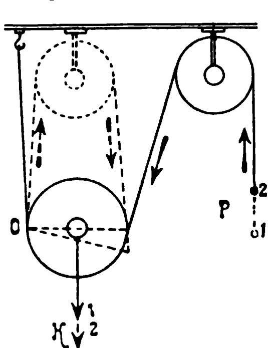


Fig. 500. Schema der Seilrollenanordnung bei hydraulischen Aufzügen.

Die meisten hydraulischen Aufzüge durchfahren mehrere Stockwerke, so daß als mittlere Hubhöhe 15 Meter gelten kann. Die Nutzlast ist je nach der Verwendung als Personen- oder Lastenaufzug verschieden, für das Beispiel seien 1000 Kilogramm angenommen. Die Anzahl Hübe im Tag darf eine Beschränkung von seiten der Wasserversorgung nicht erfahren; dagegen gelten aus sicherheitspolizeilichen Gründen Geschwindigkeiten des Fahrstuhls von $v = 1$ Meter pro Sekunde als Maximum. Als Ruhedruck im Rohrnetz seien 3 Atmosphären angenommen. Die öffentliche Versorgung muß nun beanspruchen, daß der Ruhedruck im Rohrnetz durch einen hydraulischen Aufzug nur in begrenztem Maße alteriert werde, und bestehen in den Städten hierfür jeweils besondere Bestimmungen, auf Grund derer die Anlage eines hydraulischen Aufzugs überhaupt genehmigt wird; die Grenze der erlaubten Druckabnahme ist ungefähr 0,75 Atmosphären, ebenso groß diejenige der Druckzunahme.

Es wird also im vorliegenden Falle bei Projektierung eines hydraulischen Aufzugs mit dem Leitungsdruck von $p_1 = 3 - 0{,}75$ Atmosphären $= 2{,}25$ Atmosphären gerechnet werden müssen, gemessen bei der Anschlußstelle der Zuleitung am Steuerapparat S (s. Fig. 498). Alle anderen in den Zuleitungen, im Steuerapparat und im Zylinder auftretenden Widerstände (infolge von Reibung, Querschnittsverengungen, Richtungswechsel u. dgl.) reduzieren den auf die Kolbenfläche wirksamen Druck des Wassers abermals; sie liegen jedoch in der Hand des Erbauers, er kann sie beliebig klein werden lassen; nur wird die Anlage des hydraulischen Hebeapparates umso teurer, je kleiner dieser abzuziehende Teil ist. Eine andere, nicht zu übersehende Verminderung des wirksamen Drucks besteht in der Abnahme des hydrostatischen Drucks mit zunehmender Erhebung des direkt wirkenden Aufzugkolbens. Es ist jedoch bei den meisten Konstruktionen durch Ausgleichsketten, in Form von Gegengewichten und anderem dafür gesorgt, daß diese Abnahme wieder kompensiert wird. Bei den horizontal liegenden Zylindern und deren Kraftübertragung mittels Rollen auf den Fahrstuhl fällt letzterer Übelstand weg. Es bleiben demnach für die Betrachtung des Beispiels die einfachen Gleichungen $p_1 \, F \geqq P$ und $Q = F \,.\, H$. Die erste Gleichung ergibt mit $p_1 = 2{,}25$ Kilogramm-Quadratzentimeter und $P = 1000$ Kilogramm, $F = P : p_1 = 1000 : 2{,}25$ $= 445$ Quadratzentimeter $= 4{,}45$ Quadratdezimeter Kolbenfläche; die zweite, mit $H = 15$ Meter $= 150$ Dezimeter, $Q = F \,.\, H = 4{,}45 \,.\, 150 =$ rd. 670 Liter pro Hub. Diese Wassermenge ist, da der Fahrstuhl 1 Meter Geschwindigkeit in der Sekunde haben darf, im Zeitraum von 15 Sekunden durch das Rohrnetz zu liefern; allgemein wäre $t = H : v$, wenn t die Zeit ist, in welcher der Kolben einen einfachen Hub, bezw. der Fahrstuhl mit der Geschwindigkeit v seinen Weg H durch das Gebäude zurückgelegt hat. Die sekundliche Wassermenge folgt dann hieraus zu $q = Q : t$, welche in dem Beispiel: 670 Liter : 15 Sekunden $=$ rd. 44,5 Sekundenliter beträgt.

Wie man sieht, übersteigt diese sekundliche Wasserentnahme noch diejenige der Lokomotivwasserkrane (vgl. S. 324) mit 33 Sekundenliter um 35 Prozent, und deshalb ist die Aufmerksamkeit der Wasserwerke auf die Vorgänge beim Betrieb von hydraulischen Aufzügen, die sich mitten im Versorgungsgebiet abspielen, in mindestens der gleichen Weise nötig, wie bei den Wasserkranen. Zudem findet der Abschluß der Zuleitung bei den hydraulischen Aufzügen in viel kürzerer Zeit, oft momentan, statt, da die Schieber, Ventile und Hähne der Steuerapparate derartig konstruiert werden, daß sie mit der kleinstmöglichen Bewegung gehandhabt werden können.

Bei höheren Drücken im Rohrnetz stellen sich die sekundlichen Verbrauchswassermengen für einen hydraulischen Aufzug von 1000 Kilogramm Belastung mit 1 Meter Fahrgeschwindigkeit entsprechend niederer, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Ruhedruck im Rohrnetz p_0 Atm.	Druck beim Betrieb $p_1 = p_0 - 0{,}75$ Atm.	Wasserverbrauch pro Sekunde Liter	Geschwindigkeit im 100 mm-Rohr m	Druckverlust auf 100 m Rohrlänge Atm.	Bemerkung
3	2,25	44,5	2,85	2,15	Die Geschwindigkeiten und Druckverluste im 100 mm-Rohr sind unter der Annahme berechnet, daß die Anschlußstelle des hydraulischen Aufzugs von zwei Seiten her gespeist wird, wie es in jedem größeren Stadtrohrnetz der Fall zu sein pflegt. Vergl. hierüber Abt. I, S. 806/7.
4	3,25	30,8	1,75	0,81	
5	4,25	23,5	1,50	0,60	
6	5,25	19,1	1,22	0,40	
7	6,25	16,1	1,03	0,28	
8	7,25	13,8	0,88	0,20	
9	8,25	12,2	0,77	0,15	
10	9,25	10,8	0,69	0,12	

Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, empfiehlt sich bei Vorhandensein von nur 100 Millimeter-Röhren die Anlage eines hydraulischen Aufzugs mit der angenommenen Belastung erst bei Leitungsdrücken von 6 Atmosphären an aufwärts, um nicht auf zu große Geschwindigkeiten im Rohrnetz zu kommen.

Lichtweite der Zuleitung vom Rohrnetz zum hydraulischen Aufzug. Aus der oben angeführten Bedingung, daß der Aufzugzylinder durch Leitungswasser stetig nachgefüllt werden muß, folgt, daß die Geschwindigkeit des Fahrstuhls in direktem Zusammenhange mit der Wassergeschwindigkeit im Zuleitungsrohr steht. Es besteht demnach die Gleichung $v \, F = v_1 \, f$, d. h. bei einer bestimmten Fahrstuhlgeschwindigkeit v ergibt sich die Wassergeschwindigkeit v_1 im Zuleitungsrohr aus dem Verhältnis der Kolbenfläche F (bei direkt wirkendem Aufzug) zum Querschnitt f des Zuleitungsrohres. Will anderseits nicht über eine gewisse Zuleitungsgeschwindigkeit hinausgegangen werden, als welche sich etwa 3 Meter empfehlen dürfte, so folgt aus $f = \frac{v}{v_1} F = \frac{F}{3}$ der Rohrquerschnitt zu ein Drittel der Kolbenfläche des Aufzugs.

Oben wurde die Kolbenfläche des besprochenen Aufzugs ermittelt zu 4,45 Quadratdezimeter, der hierfür nötige Rohrquerschnitt wäre somit 4,45 : 3 = 1,48 Quadratdezimeter, entsprechend 138 Millimeter Lichtweite.

Man sieht, daß mit diesem Rohrkaliber nicht an 100 Millimeter-Stränge des Rohrnetzes angeschlossen werden kann, und es entsteht bei der Anlage von hydraulischen Aufzügen stets die wichtige Frage: Welche Lichtweite muß der Zuleitungsstrang erhalten, um sowohl deren Betrieb zu ermöglichen als auch dem Rohrnetz sich anzupassen? In der vorangehenden Tabelle sind die Geschwindigkeiten im Rohrnetz angegeben unter Annahme eines Kalibers von 100 Millimeter Lichtweite; und in der Voraussetzung, daß die Speisung von zwei Seiten erfolgt, ist in der letzten Spalte der Druckverlust in jedem der beiden 100 Millimeter-Rohrstränge berechnet auf eine Länge von je 100 Meter von der Anschlußstelle des hydraulischen Aufzugs, d. i. etwa die normale Entfernung bis zu einer Straßenkreuzung, woselbst weitere Zuflüsse zu erwarten sind. Wenn demnach in einer Straße nur ein 100 Millimeter-Strang liegt, ist daselbst der Betrieb eines Aufzugs unter den angenommenen Bedingungen nicht möglich. In Straßen mit größeren Rohrkalibern dürfte er erst bei 125 oder besser 150 Millimeter Lichtweite sich ermöglichen lassen, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Lichtweite des Rohrstranges	Geschwindigkeit in einem d. anschließenden Stränge	Druckverlust auf 100 m Rohrlänge	In der Zuleitung von 20 m Länge		Bemerkungen
			Geschw.	Druckverlust	
mm	Meter-Sek.	Atm.	m	Atm.	
100	2,85	2,15	5,70	1,72	Die berechneten Druckverluste gelten für den Betrieb eines hydraulischen Aufzuges, der pro Sekunde 44,5 Liter Wasser verbraucht, und hierbei 1000 kg Last einen Meter hoch fördert.
125	1,82	0,67	3,64	0,49	
150	1,26	0,22	2,52	0,18	
175	0,93	0,10	1,86	0,08	
200	0,71	0,04	1,42	0,04	
250	0,45	0,01	0,90	0,01	
300	0,32	0,005	0,64	0,004	

Aus der dritten und letzten Spalte ist zu entnehmen, daß der Druckverlust in den Rohrsträngen von 100 Millimeter an aufwärts ganz erheblich abnimmt; bei einem 300 Millimeter-Strang ist er kaum noch bemerkbar. Wird nun z. B. eine 125 Millimeter-Zuleitung von einem 150 Millimeter-Rohrstrang nach dem Aufzug abgezweigt, so stellt sich der Druckverlust nach dieser Tabelle bei 20 Meter Länge der Zuleitung wie folgt:

Druckverlust im Straßenrohr 150 Millimeter Lichtweite bei $v = 1{,}26$ Meter . .	0,22 Atm.
„ in der Zuleitung 125 „ „ „ $v = 3{,}64$ „ . .	0,49 „
„ für Kontraktion an der Anschlußstelle rund	0,04 „
Gesamtdruckverlust	0,75 Atm.

Somit würde die eingangs gestellte Bedingung einer Druckabnahme um 0,75 Atmosphären gegenüber dem Leitungsdruck von 3 Atmosphären erfüllt sein.

Um nun die öffentliche Wasserversorgung dahin sicherzustellen, daß der Druckverlust von 0,75 Atmosphären durch den Betrieb des Aufzugs nicht überschritten wird, schreiben die Wasserwerke (Berlin u. a.) vor, daß in die Zuleitung vor dem Windkessel ein kurzes Rohrstück von Kupfer eingeschaltet wird, dessen Lichtweite nicht größer ist, als dem beabsichtigten Wasserquantum entspricht, wenn es mit 0,75 Atmosphären Druckverlust dem städtischen Rohrnetz entnommen wird. Diese Vorschrift ist deshalb nötig, weil für größere Abnehmer bisweilen Zuleitungen von 150 Millimeter und darüber abgezweigt werden, in welchen der Druckverlust wegen ihrer geringen Länge verhältnismäßig klein ausfällt und welche daher größere Wassermengen durchlassen.

Angenommen, die Rohrkaliber wären durchweg so groß, daß ein nennenswerter Druckverlust überhaupt nicht auftritt, so stünde an dem Steuerapparat S (Fig. 498) in dem Beispiel ein Leitungsdruck von 3 Atmosphären zur Verfügung; die Berechnung der Wassermenge erfolgte jedoch oben mit 2,25 Atmosphären, daher müßten durch das erwähnte Sicherheitsrohr 0,75 Atmosphären Druck verzehrt werden, was bekanntlich unter Zugrundelegung einer Austrittsgeschwindigkeit von $\sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 7{,}5} = 12{,}13$ Meter mit einem Querschnitt von 0,0445 : 12,13 = 0,0037 Quadratmeter, entsprechend 70 Millimeter Lichtweite erreicht werden kann. Liegen die Verhältnisse hingegen so, daß weder große Rohrstränge noch hoher Druck vorhanden sind, so kann der geplante Aufzug nur dann betrieben werden, wenn entweder die Tragkraft, oder, was weniger störend empfunden zu werden pflegt, die Geschwindigkeit entsprechend vermindert wird.

Sicherheitsvorkehrungen bei Rohrbruch in der Zuleitung. Obschon jeder hydraulische Aufzug in seiner inneren Ausrüstung alle diejenigen Einrichtungen enthalten muß, die ihn gegen

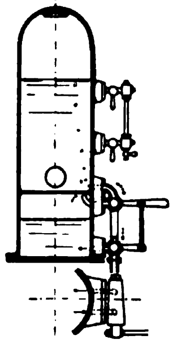
Unfälle sichern können, so soll doch besonders eine Vorkehrung erwähnt werden, welche verhindert, daß im Falle eines Rohrbruches in der Zuleitung der in der Höhe schwebende Fahrstuhl infolge der plötzlichen Druckwasserausströmung mit einer größeren Geschwindigkeit als zulässig herabgeht. Es ist dies ein Sicherheitsventil eigener Konstruktion, das unmittelbar am Aufzugzylinder in der Zuflußleitung sitzt und bei Druckentlastung den Weg des aus dem Zylinder fließenden Wassers in der Weise verengt, daß pro Sekunde nur eine bestimmte Wassermenge austreten kann. Dies Ventil ist in § 54 (Fig. 296, S. 188) beschrieben, worauf wir verweisen.

Größe des Windkessels. Diese Größe kann nach den Gleichungen 1) bis 6) des Wasserkrans S. 325 ermittelt werden. Eine angenäherte Rechnung ergibt, wenn die Zuleitung für den besprochenen Aufzug mit 125 Millimeter Lichtweite bei 20 Meter Länge, die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers mit 3,64 Meter und die mittlere Drucksteigerung mit $P = 0{,}75$ Atmosphären : 2 = 3750 Kilogramm-Quadratmeter eingesetzt wird, aus: $P \,.\, F \,.\, \frac{H}{4} = \frac{M \,.\, v^2}{2}$ eine Höhe $H = \sqrt[3]{\frac{166 \,.\, 36}{937 \,.\, 3{,}14}} = 1{,}27$ Meter und einen Durchmesser $D = H/3 = 0{,}423$ Meter oder rund 425 Millimeter im Lichten.

Nach den früheren Ausführungen S. 324 ist im Ruhezustande die Hälfte des im ganzen rund 180 Liter fassenden Windkessels mit Luft von der normalen Pressung des Rohrnetzes gefüllt zu halten.

Anordnung der Lufterneuerungsvorrichtung. Bei hydraulischen Aufzügen findet die Aufstellung des Windkessels meist in unmittelbarer Nähe des Aufzugschachtes statt, und die hydraulischen Einrichtungen sind der Bedienung zugänglich gemacht. Die Kontrolle des Wasserverbrauchs bedingt nebenbei noch die Einschaltung eines Wassermessers mittels Absperrschieber (vor und hinter dem Messer) direkt vor dem Windkessel, und dessen periodisches Ablesen wird meist die Veranlassung seitens des Wasserwerks, den Luftinhalt des Windkessels auch auf seinen Bestand zu kontrollieren bezw. dessen Erneuerung herbeizuführen.

Die einfachste Anordnung zur Lufterneuerung ist der unter dem Namen „Luftschleuse" gebräuchliche in Fig. 501 gezeigte Apparat, dessen Einrichtung schematisch dargestellt und dessen Handhabung im nachstehenden beschrieben ist. Seine Funktion ist die gleiche wie die oben bei den Wasserkranen beschriebene, nur ist das Volumen infolge des meist bei Aufzügen bestehenden Platzmangels wesentlich kleiner, als Gleichung 7) S. 330 ergeben würde.


Fig. 501. Windkessel mit Luftschleuse.

Der senkrechte Windkessel verlängert sich nach unten in einen allseitig dicht abgeschlossenen Untersatz, der durch einen Doppelhahn mit dem Oberteil verbunden ist. Der obere Hahn hat nebeneinander zwei Kükendurchbohrungen; die eine Durchbohrung läßt bei der gezeichneten horizontalen Handhebelstellung Druckwasser aus dem Oberteil nach dem Untersatz strömen, während die andere Durchbohrung die komprimierte Luft aus dem Untersatz in den Windkessel übertreten läßt, wo sie in Blasen über den Wasserspiegel emporsteigt. Ist der Untersatz ganz mit Wasser angefüllt, so wird der Handhebel gegen die gezeichnete Stellung um 90 Grad gedreht, so daß er senkrecht nach unten steht, worauf sich das Wasser durch den unteren, als Dreiweghahn ausgebildeten Ablaß entleert, während gleichzeitig durch das eine obere Hahnküken, das eine seitliche Durchbohrung mit der Atmosphäre verbindet, Luft in den Untersatz eintreten kann. Ist der Untersatz leergelaufen, so beginnt das erstgenannte Spiel mit horizontaler Hebelstellung aufs neue, dann folgt wiederum die Umstellung in die vertikale Richtung und so fort, bis sich die Luft im Wasserstandsglas des Windkessels in der gewünschten Höhe einstellt.

Es ist klar, daß die Manipulationen mit einer Luftschleuse umso länger dauern, je kleiner der Untersatz gewählt worden ist. Für den berechneten Windkessel mit 90 Liter Luftinhalt läßt sich z. B. mittels einer Luftschleuse von 20 Liter Volumen bei 3 Atmosphären Leitungsdruck (4 Atmosphären abs.) je nur 20 : 4 = 5 Liter komprimierte Luft auf einmal in den Windkessel befördern, es bedarf also 90 : 5 = rund 18 Doppelumstellungen des Verbindungshahns mit jeweils mehreren Minuten Zeitaufwand zum Entleeren und Wiederfüllen der Schleuse, weshalb eine vollständige Lufterneuerung immerhin $^3/_4$ bis 1 Stunde in Anspruch nimmt. Wollte mit einem Untersatz nach Gleichung 7) oben eine nur einmalige Manipulation vorgenommen werden, so müßte dieser ein Volumen von 172 Liter erhalten, also so groß werden wie der Windkessel selbst. In Anlagen mit technischem Betrieb findet man daher statt der Luftschleuse kleine Luftpumpen, die den Bedarf an komprimierter Luft entweder stetig oder periodisch ergänzen.

Fig. 502 zeigt den zur Erkennung des jeweiligen Wasserstandes bezw. des Luftinhalts in dem Windkessel notwendigen Apparat. Die Befestigung des Wasserstandsapparats an dem Windkessel kann mit Gasgewindezapfen erfolgen, wie gezeichnet, oder mittels Flanschen nach der punktierten

Anordnung. Letzteres ist die solidere Art, da bei der Handhabung des Apparats die eingeschraubten Zapfen leicht sich lockern, undicht werden und Brüche des Glases herbeiführen. — Die sichtbaren Kanäle in den Hahnküken dienen zur Aufbewahrung von Schmierfett, welches durch die dem Handgriff gegenübersitzende Kopfschraube eingeführt wird. Die obere Kopfschraube über dem Wasserstandsglas, durch deren Öffnung das Glas ein- und ausgebaut wird, kann zweckmäßigerweise zum Aufsetzen eines Manometers dienen, um eine weitere Dichtungsstelle am Windkessel zu vermeiden. Überhaupt ist die Dichtung derjenigen Flanschen oder Verschlüsse am Windkessel, die im Luftraum desselben liegen, eine heikle Sache. Meist geht die mühsam in den Windkessel hineingebrachte Luft bei diesen Dichtungsstellen allmählich wieder verloren; es ist gut, wenn man sich zeitweise mit einem Licht oder besser mit Bestreichen von Seifenwasser von der Dichtheit dieser Stellen überzeugt; das Seifenwasser wird bei dem geringsten Entweichen von Luft sofort blasig. Im Ruhezustande. d. h. wenn nicht gerade eine Besichtigung des Luftvorrates stattfindet, sollen beide Wasserstandshähne dicht geschlossen sein, wobei, wie an dem oberen Hahn ersichtlich, der Handgriff senkrecht herabhängt; es ist auf diese Weise von weitem schon zu erkennen, ob die Hähne geschlossen sind, da die Durchbohrung des Kükens ja immer in der Richtung des Handgriffs liegen soll, wie in § 54 S. 194 besprochen wurde. Von dieser Regel macht allein der unterste Hahn, der Ablaßhahn, eine Ausnahme, um beim Ablassen die Hand nicht in Berührung mit dem Strahl zu bringen.

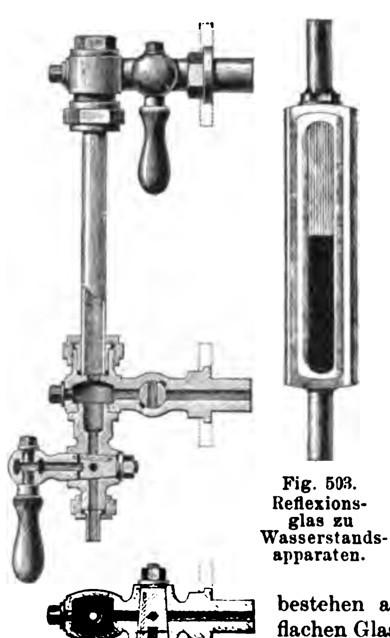


Fig. 503. Reflexionsglas zu Wasserstandsapparaten.

Fig. 502. Wasserstandsapparat an Windkesseln mit gewöhnlichem rundem Glas, von Schäffer & Budenberg in Magdeburg.

In neuerer Zeit werden bei Dampfkesseln statt der in Fig. 502 gezeichneten runden Wasserstandsgläser solche nach Fig. 503 in die Wasserstandsapparate eingebaut. Diese neuen sogenannten „Reflexionsgläser" sind starkwandig, bestehen aus einem eigentümlich auf der Rückseite längsgerippten flachen Glase, das in das flache längliche Metallgehäuse eingesetzt wird, dessen Rückseite abzuschrauben ist. Das Gehäuse hat oben und unten hohle Zapfen, welche an Stelle der runden Gläser in die Stopfbüchsen der Apparate eingebracht werden. Befindet sich nur Luft hinter dem Reflexionsglas, so erscheint der mittlere Schlitz mit den Rippen glänzend weiß, tritt Wasser in das Gehäuse, so verschwindet hinter dem Wasser infolge der Reflexion der Rippen jede Lichtwirkung und das Wasser zeigt sich auch bei greller Beleuchtung tiefschwarz, so daß bei weniger guter Beleuchtung, wie sie in den Räumen für Windkessel in der Regel herrscht, und auf ziemlich weite Entfernung der Wasserstand im Glase noch deutlich wahrgenommen werden kann, was bekanntlich bei den runden Gläsern nicht der Fall ist. Außerdem brechen diese Reflexionsgläser nicht leicht. Zu beziehen sind sie bei Richard Schwartzkopf, Berlin-Reinickendorf (Ost).

Einfluß der Windkessel auf die Wassermesser. In der Besprechung von Windkesseln darf deren eigentümliches Verhalten gegenüber den Druckschwankungen im Rohrnetz und die daraus hervorgehende Beeinflussung der in der Zuleitung zwischen Rohrnetz und Windkessel eingebauten Wassermesser nicht übergangen werden. Es hat sich nämlich gezeigt, daß derartige Wassermesser nicht unbedeutende Wassermengen aufzählten, ohne daß die zugehörigen hydraulischen Aufzüge etc. in Gebrauch genommen wurden. Der Grund dieser für die Wasserwerke wie für die Abnehmer unangenehmen Erscheinung liegt in dem beständig fluktuierenden Wasserstrom, der sich bei Drucksteigerungen im Rohrnetz aus diesem in den mit Luft angefüllten Windkessel drängt, bei Druckverminderungen aber vom Windkessel wieder in das Rohrnetz zurückgedrängt wird. Da die Schwankungen in einem großen städtischen Rohrnetz bei Tag bisweilen $^1/_2$ bis 2 Atmosphären, bei Nacht bis $^1/_2$ Atmosphäre betragen und nie ganz verschwinden, so sind die zwischenliegenden Wassermesser in unausgesetzter Tätigkeit durch die hin- und zurückfließenden Wassermengen; die Wassermesser sind aber vielfach nur für die hinfließenden Mengen geeicht. Es wird in § 60 hierauf zurückgekom-

men werden; hier sei des Zusammenhanges wegen nur so viel erwähnt, daß erst 1892/3 der damalige Mechaniker Andrae des Stuttgarter Wasserwerks auf Grund der obengenannten Erscheinungen bei hydraulischen Aufzugsanlagen durch die Erfindung seines sowohl vorwärts als auch „rückwärts" richtig zählenden Wassermessers (Patent Andrae Nr. 89 077, 100 677) die Ablesungen an den Messern wieder in Einklang mit den tatsächlich verbrauchten Wassermengen brachte, so daß der Einfluß der Windkessel auf den richtigen Gang der Wassermesser dadurch ausgeschaltet ist.

Literatur
über hydraulische Aufzüge.

[1] Blum und Oesten, Hydraulische Aufzüge und deren Betrieb durch Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1883, S. 763. — [2] Seyrig, Les ascenseurs hydrauliques. Paris 1883. — [3] Claußen, E., Neuerungen an hydraulischen Aufzügen, Stoßwirkungen des Wassers in Druckleitungen und ihre Beseitigung. Berlin 1894. — [4] Ernst, A., Die Hebezeuge. Berlin 1895. — [5] Druckluftfüllvorrichtung für Windkessel. Glasers Annalen 1907, S. 104.

E. Filter für Haus und Gewerbe und sonstige Anlagen zur Wasserreinigung.

In Abt. I, § 38 sind jene Einrichtungen besprochen, wie sie im großen zu Zwecken der städtischen Wasserversorgung zur Anwendung gelangen: die Abklärung des Wassers durch Ablagerung, die Verbesserung der Qualität durch Sandfiltration und die Gewinnung von Wasser durch Destillation. Außerdem wurde dort noch speziell die Abkochung des Wassers in Fällen von Epidemien behandelt, wie sie im großen durchzuführen ist und ebenso natürlich im kleinen durchgeführt werden kann. Auf die übrigen, im Kleinbetrieb und für besondere Zwecke erforderlichen Methoden der Wasserbehandlung ist zwar Seite 414 ff. auch hingewiesen, aber ein näheres Eingehen für Abschnitt V vorbehalten worden. Wir haben also hier noch alle jene Einrichtungen speziell zu behandeln, die dort nicht eingereiht werden konnten.

Dabei unterscheiden wir zunächst die Kleinfilter, welche im Hause, auf Reisen etc. Verwendung finden und bei einfachster Bedienung den Zweck der Befreiung des Wassers von Trübungen und gesundheitsschädlichen Beimengungen verfolgen bezw. die Brauchbarmachung verunreinigter Wasser zum Trinken ermöglichen. Sodann kommen jene Filter in Betracht, bei welchen es sich im wesentlichen nur um die Beseitigung von Trübungen und die Zurückhaltung organischer und organisierter Substanz — ähnlich wie bei der Sandfiltration im großen — handelt. Bei diesen Einrichtungen erfahren also die sonst brauchbaren Wasser eine chemische Veränderung nicht und wir werden sie deshalb gewerbliche Filter zur Zurückhaltung von Suspensionen nennen. In dritter Linie stehen sodann die sogenannten Enteisenungsanlagen, d. h. die Einrichtungen zur Reduktion oder gänzlichen Entfernung des im Wasser gelösten Eisens, mit oder ohne Rücksicht darauf, ob das Wasser Trinkzwecken dient oder nicht. Unter der üblichen Bezeichnung Wasserreinigung für industrielle Zwecke sollen endlich jene Anlagen besprochen werden, bei welchen es sich um die so wichtige Herstellung von weichem Wasser aus hartem, d. h. um die Befreiung des Wassers von Kalk und anderen chemisch gelösten Bestandteilen handelt, die sich ohne diese Prozedur beim Kochen des Wassers niederschlagen und dadurch in hohem Maße die Betriebe beeinträchtigen. Sowohl bei den Enteisenungsanlagen als auch bei der Wasserreinigung für industrielle Zwecke geht in der Regel eine Befreiung des Wassers von Trübungen voraus und folgt in vielen Fällen eine solche auch noch nach. Vorbedingung für eine befriedigende Wasserreinigung ist die genaue Kenntnis der das Wasser unbrauchbar machenden Bestandteile, die auf dem Wege der chemischen Untersuchung (vgl. Abt. I, § 1, S. 7) erreicht wird.

Schließlich sollen noch einige Verfahren zur Beseitigung organischer und organi-

sierter Substanz bei größeren Wassermengen, speziell für die **Befreiung des Wassers von Algen** und für die **Vernichtung pathogener Bakterien durch Ozonisieren**, angegeben werden.

a) Die Kleinfilter.

Diese Art von Filtern werden bei großen Wasserversorgungen nur dort angewendet, wo das Wasser durch die Rohrnetze in ungereinigtem Zustande zur Verteilung gelangt, was indessen heutzutage zu den größten Seltenheiten gehört. In diesem Falle ist es dem Abnehmer überlassen, durch solche Einrichtungen sich selbst ein zum Trinken und Kochen brauchbares Wasser zu beschaffen. Besonders gute Dienste leisten im übrigen diese Filter auf Reisen bei Entnahmen aus offenen Gewässern, die ohne weiteres nicht verwendet werden können. Die Zahl der diesbezüglichen Einrichtungen ist außerordentlich groß; wir können hier nur wenige vorführen, bemerken aber zum voraus, daß es außer diesen selbstverständlich noch viele andere gibt, die gleich gut wirken, wie die vorgeführten. Eine Ergänzung kann mit Hilfe des Literatur- und Patentverzeichnisses erfolgen, worauf wir verweisen.

Bei dem einfachsten aller Filter, dem in Fig. 504 dargestellten „Filtre économique“, wird durch Einträufeln von 0,05 Gramm übermangansaurem Kali auf 1 Liter Wasser in *W* die organische Substanz gebunden, ausgefällt, durch die Holz- oder Knochenkohle *K* zurückgehalten, in dem in Leinwand eingebundenen Wattepfropfen *P* filtriert und das Filtrat als brauchbares Genußwasser in *R* erhalten. Ein Teil Permanganat (übermangansaures Kali) bindet 5 Teile organischer Substanz.

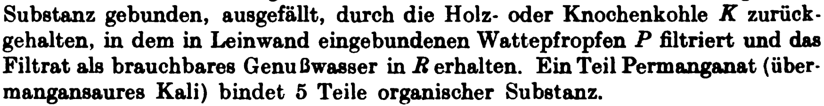
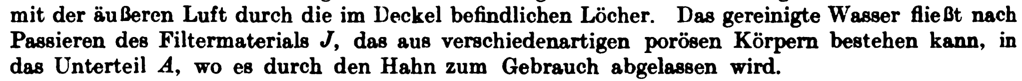


Fig. 504. „Filtre économique“.

Auch bei dem Hausfilter System Morris Fig. 505 [14] ist eine mit Permanganat getränkte granulierte Kohle in *H H'* das wirksame Reinigungsmittel, welches in dem Einsatz *B* des Hauptgefäßes *A* um die konzentrische Scheidewand *D* in Richtung der Pfeile vom Rohwasser rings durchflossen wird. Gröbere Unreinigkeiten in *C* bleiben schon auf der Platte *P* und auf dem Sieb *F F* liegen; das Luftrohr *E* gestattet die Verbindung des Innenraums *H H'* mit der äußeren Luft durch die im Deckel befindlichen Löcher. Das gereinigte Wasser fließt nach Passieren des Filtermaterials *J*, das aus verschiedenartigen porösen Körpern bestehen kann, in das Unterteil *A*, wo es durch den Hahn zum Gebrauch abgelassen wird.



Bei diesen beiden Apparaten, dem „Filtre économique“, das aus Glas hergestellt werden kann und das Entstehen des reinen Wassers zu beobachten gestattet, wie bei dem Morris-Filter beruht die Reinigung des Wassers zunächst auf der Zerstörung jeglicher organischen und organisierten Substanz, indem die Eigenschaft des übermangansauren Kalis ($KMnO_4$), von seinem Sauerstoffreichtum abzugeben, eine chemische Verbrennung der Organismen herbeiführt. Die hierbei gebildeten Verbrennungsprodukte, eine Art Asche, bleiben natürlich im Filter, und zwar sowohl in der Kohle wie in der Watte, Leinwand etc., zurück; sie müssen also von Zeit zu Zeit durch Ausspülen wieder entfernt werden. — Besteht das äußere Gefäß aus porösem Ton ohne Glasur, so kann durch die an den Gefäßwänden entstehende Verdunstungskälte das Filtrat auf eine niedrigere Temperatur als das Rohwasser gebracht werden, wie es bei dem wohl ältesten Filter der Ägypter, dem Sihr, einem birnförmigen porösen Tongefäß, der Fall ist.

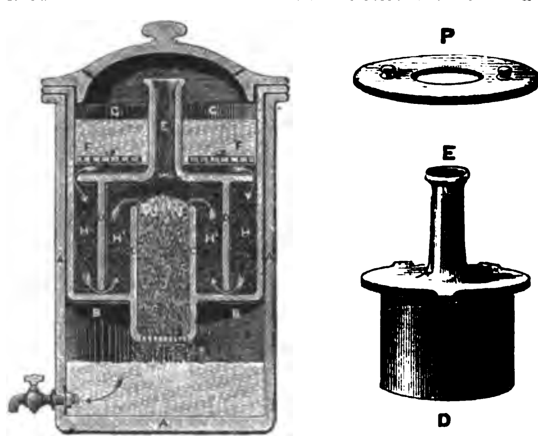


Fig. 505. Hausfilter System Morris.

Das Sackfilter Fig. 506 läßt das Rohwasser an der Außenseite des Sackes eintreten, nachdem der letztere in einen Fluß, See etc. eingehängt ist. Die Unreinigkeiten werden vom Eintritt in das Innere des Sackes durch das Tuch abgehalten. Außerdem befindet sich im Innern noch ein ringförmiger, mit Kies und Koks angefüllter Raum als Filter für die durch die Tuch-

umhüllung (Kanevas) eintretende Flüssigkeit; das klare Filtrat sammelt sich im Hohlkern des Filters, aus welchem es nach dem Heraufziehen des Sackes bei dem unteren Ablaßhahn entnommen werden kann. Die handliche Form des Filters macht es für Expeditionen und Reisende in den Tropen u. dgl. zum unentbehrlichen Begleiter. Die Umhüllung besteht aus Kanevas, einem zähen, dauerhaften und feinporigen Hanfgespinst.



Fig. 506. Sackfilter aus Kanevas.

Das Filter Barstow besteht aus dem Rohwassertopf A (Fig. 507) mit durchlässigen Wänden, dem Filtermaterial B, das an Stäben E auf einer durchlochten Platte C ruht und aus Kohle, Asbest, Eisenschwamm, gewöhnlichen oder imprägnierten Schwämmen bestehen kann. Beim Durchströmen dieses Materials wird das Wasser von seinen Unreinigkeiten befreit; es ergießt sich in den unteren Raum D, aus welchem es entnommen werden kann. Der Apparat ist für Hausfilter bei möglichst häufiger Auswaschung vorteilhaft zu gebrauchen.

Die beiden von Piefke [8] erfundenen Filter bestehen aus einer Anzahl übereinander gelagerter niederer Trommeln mit einer Füllung von präpariertem Zelluloid (Fig. 508) oder präpariertem Zelluloid auf einer Sandunterlage (Fig. 509). Die Füllungen ruhen auf den durchlochten, oder durch Metallsieb gebildeten Trommelböden. Das trübe Wasser tritt unten in der Mitte der Trommeln ein, durchfließt in der Pfeilrichtung die Trommeln und sammelt sich gereinigt in dem das Ganze einschließenden zylindrischen Gefäß, wo es bei dem Überlauf links zu weiterem Gebrauch abgeführt wird. Das Filter wird nach einiger Zeit weniger durchlässig; der Zeitpunkt, wann es gereinigt werden soll, bekundet sich in dem Anwachsen der Wassersäulenhöhe bis zur Trichterhöhe in dem rechts aufsteigenden Zuleitungsrohr. Ist dieser Zeitpunkt da, so wird unter stetem Zufluß von Rohwasser und Ableitung des Filtrats durch den links am Boden befindlichen Hahn in den Kanal mittels der oberen Kurbel eine Achse umgedreht, auf welcher Schaber und Rührarme sitzen, die die Filtriermasse durchrühren. Das durchfließende Wasser nimmt dabei die angehäuften Unreinigkeiten mit fort; übrigens wird auch Filtermasse mit fortgeschwemmt, die aber später mit dem Rohwasser frisch aufgegeben werden kann und beim langsamen Durchfließen des Wassers auf den einzelnen Trommelböden sitzen bleibt bis zur abermaligen Reinigung. Eine Betriebsperiode kann bis zu zehn Tagen währen.

Die unter Druck arbeitenden Hausfilter, die vor den Auslaufhahnen angebracht sind, werden bei dem heutigen Stande der Wasserversorgungstechnik kaum mehr verwendet. Hierher gehört

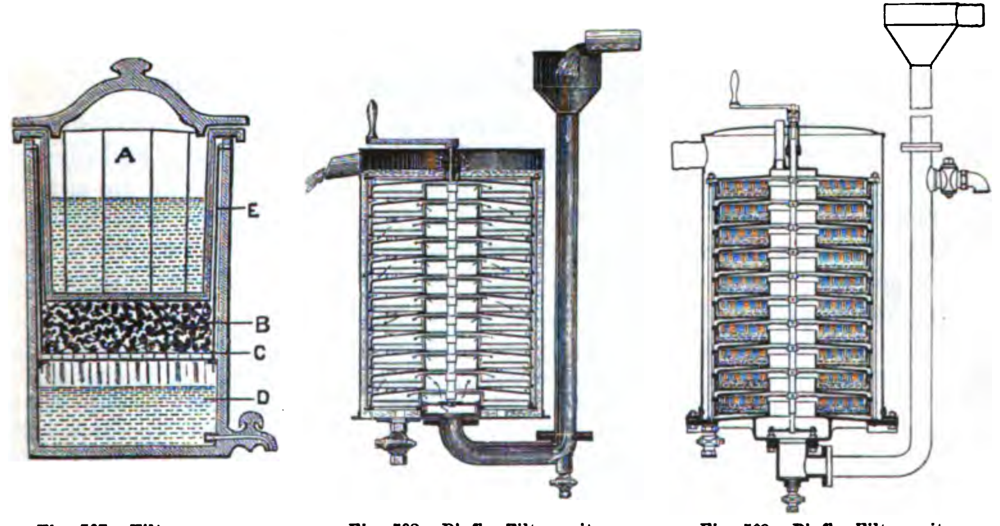


Fig. 507. Filter von Barstow.

Fig. 508. Piefke-Filter mit präpariertem Zelluloid.

Fig. 509. Piefke-Filter mit Zelluloid und Sand.

z. B. das Salbachsche Filter, das von Chamberland nach Pasteurs Vorgang konstruierte bekannte Kaolinkerzenfilter [11], ein ähnliches von Pukall [15], das Mikromembranfilter von Breyer (Asbest) [9], das Berkefeldsche Diatomeenfilter [13], das sogenannte Weltfilter der Akt.-Gesell. für Großfiltration in Worms u. a. Man vergleiche die hierauf bezüglichen Patente Nr. 3463, 11 688, 20 424, 26 480, 33 095, 34 994, 49 608, 71 278, 82 082, 88 927, 96 047, 98 881 und 101 506.

Das in Fig. 510 gezeigte Salbachsche typische Auslaufhahnfilter dient sowohl zur Entnahme von filtriertem als unfiltriertem Wasser. Das Rohwasser tritt oben durch den Niederschraubhahn in ein Metallgehäuse, aus welchem es bei Eröffnung des seitlich angebrachten Hahns ohne weitere Veränderung seiner Qualität wieder abgelassen werden kann. Bleibt dieser Hahn aber geschlossen und wird der untere Hahn geöffnet, so ist das Wasser durch den Leitungsdruck gezwungen, das eingebaute Sieb zu passieren, das hier aus verzinntem Kupfer mit übergezogenem Filz besteht. An dem Filz bleiben die Trübungen des Rohwassers hängen, die Mikroorganismen gehen jedoch ziemlich alle hindurch. Es ist eine natürliche Folge der Ablagerungen auf dem Filz, daß dieser mit zunehmendem Gebrauche immer undurchlässiger wird und endlich ganz dicht schließt. Durch Öffnen des seitlichen Hahns kann nun das durchströmende Wasser den Filz gewissermaßen abwaschen und so wieder gebrauchsfähig machen. Die tiefer eingedrungenen Trübstoffe werden dagegen nicht mit ausgespült und es muß mit der Zeit das Sieb herausgenommen und mit einem neuen Filz überzogen werden.

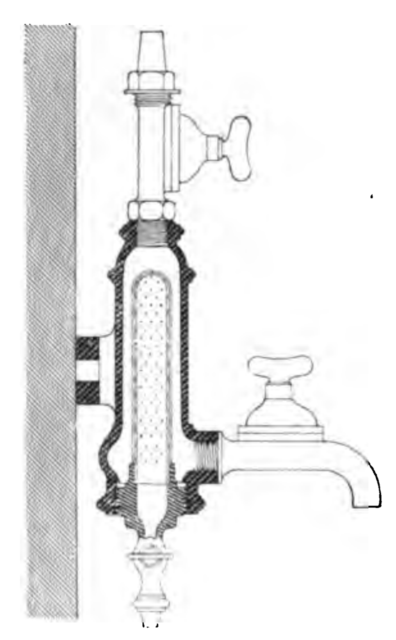


Fig. 510. Filter von Salbach. 1/5 w. Gr. (Handbuch der Arch. S. 442.)

Bei den anderen Konstruktionen besteht das äußere Gehäuse bisweilen auch aus Glas, so daß der Vorgang des Anhängens der Suspensionen deutlich wahrgenommen wird, wenn das Rohwasser nicht so trüb ist, daß es auch die Innenwand des Glaszylinders belegt. Der Filterkörper ist bei vielen derartigen Einrichtungen poröser Ton, Porzellan, Kaolin, Kork, Asbest u. s. f. Jedesmal bei Ingebrauchnahme eines neuen Apparats läuft das Filtrat klar und reichlich ab; die Außenseite des Filtereinsatzes bedeckt sich aber bald mit einem anfangs äußerst dünnen Häutchen aus den zurückgehaltenen Suspensionen. Dieses Häutchen wird zusehends dicker und in demselben Grade nimmt die Ergiebigkeit des Filters ab, bis es durch Rückspülung, Abbürsten oder Ersatz regeneriert wird. Die Regeneration ist im übrigen, je nach dem Filterkörper, beschränkt; in der Regel sind in relativ kurzer Zeit Auswechslungen durch einen neuen Filterkörper erforderlich. Keimfrei arbeitet keines dieser Filter.

b) Gewerbliche Filter zur Zurückhaltung von Suspensionen.

Die gewerblichen Filter haben in der Regel große Wassermengen durchzulassen und sind meist dauernd im Betrieb; bei denselben sind deshalb alle jene Einbauten zu vermeiden, die öfters ausgewechselt werden müssen. Deshalb bedienen sie sich im wesentlichen des für die Zwecke der Zurückhaltung von Suspensionen geeignetsten Materiales von Kies und Sand. Bei gewissen Gewerben kommen zwar auch Filtertücher zur Verwendung, aber in der Regel nur dort, wo nicht nur das Filtrat, sondern auch die zurückgehaltenen Trübstoffe gewonnen werden sollen.

Die gewerblichen Sand- und Kiesfilter, die behufs leichter Reinigung und Wiederinstandsetzung meist mit mechanischen Rührwerken und Rückspülung bedient werden, müssen dort in Anwendung kommen, wo kein Platz für ein großes Sandfilter zu Gebote steht. Letztere sind ja bekanntlich die einzigen einwandfreien Wasserfilter, sowohl in technischer als hygienischer Beziehung; allein da sie für große Wassermengen infolge der beschränkten Filtergeschwindigkeit von 100 bis 200 Millimeter pro Stunde große Flächenräume bedingen, können sie in der Industrie nur ausnahmsweise angelegt werden. Außerdem begnügt sich diese mit einem klaren Filtrat; auf die hygienische Reinigung wird kein besonderer Wert gelegt. Die Filtergeschwindigkeiten werden dementsprechend auch wesentlich gesteigert und so hoch gehalten, daß auf möglichst kleiner Fläche eben die mit der bestimmten Klarheit des Filtrats nötige Tagesmenge geliefert werden kann. Indem wir hinsichtlich der zahlreichen vorhandenen Dispositionen solcher Filter auf die D. R.-P. Nr. 51 638, 64 605, 68 026, 75 628, 77 145, 78 098, 79 822, 83 542, 88 446, 91 829, 94 864, 95 202, 97 438, 98 034, 99 131, 107 739, 113 783, 116 534, 121 440, 131 466 verweisen, sollen im folgenden einige häufig verwendete Filter mit Rückspülung vorgeführt werden.

Das in Fig. 511 dargestellte Kiesfilter von Reisert zeigt links den Betriebszustand, rechts

den Zustand während der Kiesreinigung. Das trübe, mit etwaigen Niederschlagsmitteln und den dadurch ausgefällten Stoffen beladene Wasser strömt links bei A in den runden oder rechteckigen geschlossenen eisernen Behälter, der zwischen zwei eingebauten durchlochten Blechen auf etwa $^4/_5$ der Höhe Kies (feinen Perlkies) enthält, läßt hier in dem Kiesfilter die Unreinigkeiten zurück und

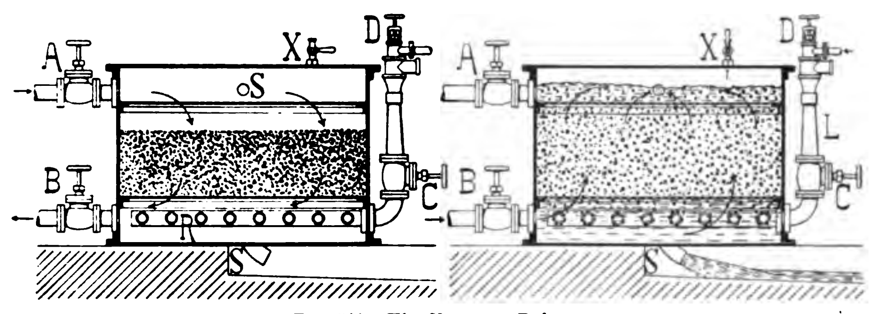


Fig. 511. Kiesfilter von Reisert
im Betrieb. in der Reinigung.

fließt bei B aus dem unteren Reinwasserraume R zur weiteren Benutzung ab. Sobald sich eine solche Abnahme der Abflußmenge bemerkbar macht, die das Verstopfen des Filters anzeigt, wird das Kiesfilter ausgewaschen, und zwar durch Umkehrung der Durchströmungsrichtung. Zu diesem Zwecke wird Ventil A geschlossen; das unter Druck stehende Wasser kann bei B, nachdem die Spülleitung S (das Ventil befindet sich hinter dem Behälter) geöffnet wurde, von unten her durch den Kies strömen. Als Aufrührmittel wird mittels eines Dampf-, Luft- oder Wasserstrahlgebläses L frische Luft in das im Reinwasser R liegende durchlochte Rohrsystem getrieben, die mit dem rückströmenden Wasser den Schlamm im Kies kräftig aufwühlt. Die oben aus dem Wasserspiegel tretende Luft entweicht durch den nunmehr geöffneten Lufthahn X, während das Spülwasser durch S abläuft. Nachdem der Abfluß klar geworden, wird Ventil D und C sowie das Spülventil von S geschlossen, ebenso der Lufthahn X, worauf das Einlaufventil A wieder geöffnet werden kann. Der Betrieb ist dann wieder eingeleitet bis zur nächsten Unterbrechung, die je nach der Menge der in dem trüben Wasser enthaltenen Stoffe früher oder später eintritt. Die Auswaschung erfordert etwa 5 Minuten; pro Quadratmeter Filterfläche können durchschnittlich 8 Kubikmeter Wasser pro Stunde filtriert werden. Für eine mittlere Leistung pro Stunde von 3, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 Kubikmeter beträgt der Durchmesser der Filterbehälter 0,70, 1, 1,30, 1,55, 1,80, 2, 2,20, 2,55, 2,85 Meter.

Ein Filter für trübe Flüssigkeiten, welche gleichmäßigen, aber feinen Schlamm absetzen, wird von der Berliner Wasserreinigungsgesellschaft nach Fig. 512 gebaut. Es kann offen oder geschlossen zur Verwendung gelangen, je nachdem geringer oder stärkerer Druck des Wassers zur Verfügung steht. Das Filter ist nicht mit Kies, sondern mit Sand gefüllt (welcher die feinsten Schlammteilchen wirksamer zurückhält) und mit einer mechanischen Rührvorrichtung versehen, die aus einem zweiarmigen Rührhebel mit senkrechten Eisenstäben besteht, die, wenn an dem oberen Handhebel gedreht wird, den Sand durchwühlen. Die Einrichtung kann für größere Filteranlagen, weil die Kraftaufwendung nicht unerheblich ist, mit motorischem Winkelrädergetriebe ausgeführt werden. Der Gang der Wasserreinigung ist folgender: Das trübe Wasser tritt bei T durch den Dreiweghahn in der Pfeilrichtung ein und wird in der gebogenen Röhre nach dem inmitten des runden Behälters senkrecht aufsteigenden, oben laternenförmig durchbrochenen Rohr geführt, woselbst es über der Sandfüllung S austritt. Nach Durchfließen der Sandschichte und Passieren des feingelochten Blechrostes sammelt sich das gereinigte Wasser im Boden des Behälters und wird rechts in einem Winkelrohr nach der Abflußstelle bei R geleitet, die mit einer Drosselklappe abgesperrt werden kann. Ist das Sandfilter verstopft, so wird die Drosselklappe umgelegt, also geschlossen, der Dreiweghahn bei T umgestellt, damit das trübe Wasser sofort senkrecht in die Höhe und links durch das Winkelrohr in das Unterteil des Behälters treten kann. Unter gleichzeitigem Umrühren des Sandes strömt dann das Wasser von unten durch den Sand und läuft bei der Laterne des mittleren Steigrohres ab, woraus es bei geöffneter Abflußklappe A in

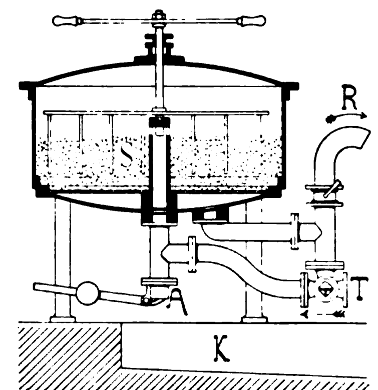


Fig. 512. Filter der Berliner Wasserreinigungsgesellschaft.

den Kanal K geführt wird. Nach erfolgter Durchwaschung beginnt wieder die Betriebsperiode in der oben angegebenen Weise.

Ist die Möglichkeit gegeben, ein gewerbliches Filter in eine Druckleitung einzuschalten, so kann man sich hierzu mit Vorteil der geschlossenen Form nach Fig. 513 bedienen, wie sie von Louis Schröter in Reppen gebaut wird. Die Filter sind mit Wasserdruck geprüft, das Filtermaterial (Perlkies zu $^1/_4$ bis $^1/_2$ der Höhe) wird, sobald es verschlammt ist, im Filter selbst durch die mit Stopfbüchse abgedichtete Wühlmaschine in wenigen Minuten gewaschen. In der Regel genügt täglich einmalige Waschung, worauf das Filter sofort wieder gebrauchsfähig ist. Die in untenstehender Tabelle angegebenen Größen I bis V können von Hand, die anderen Nummern nur mit Maschine betrieben werden. Der Kies braucht nicht erneuert zu werden. In Fig. 513 ist ein geschlossenes Wasserfilter für Handbetrieb gezeigt. In den Deckel mündet oben rechts der Zufluß des Rohwassers, unten rechts fließt Filtrat ab. Wird der Zufluß abgesperrt, dagegen der Spülhahn links oben geöffnet, so fließt das Filtrat unter dem herrschenden Leitungsdruck durch das Filter in umgekehrter Richtung, um es zu waschen. Der unterste kleine Hahn dient zur gänzlichen Entleerung. Zur Besichtigung eines ausgeschalteten Filters ist auf dem Deckel eine mit Bügel verschlossene Mannlochöffnung angebracht.



Fig. 513. Geschlossenes Wasserfilter von Schröter.

Die Leistung der Filter ist von den in nachstehender Tabelle angegebenen Filtergeschwindigkeiten abhängig. Letztere richten sich nach der größeren oder geringeren Unreinheit des unfiltrierten und nach dem Verwendungszweck des filtrierten Wassers. Wasser, mit 3 bis 6 Zentimeter Geschwindigkeit pro Minute filtriert, genügt in der Regel für alle Nutzwasser; mit 8 bis 10 Zentimeter zur Fabrikation von Papier und Zellulose, für Färbereien, Wäschereien und Badeanstalten; mit 12 Zentimeter und mehr für Kühlzwecke und ähnliche Verwendungen.

Nr.	Stündliche Leistung in Kubikmeter bei einer Filtergeschwindigkeit pro Minute von											Filter		Gesamthöhe des Filters	Lichtweite der Zufluß- u. Reinwasserleitung	Filterfläche in qm	Preis einschl. Wühlmasch. u. Kies ohn. Ventile
	12 cm	11 cm	10 cm	9 cm	8 cm	7 cm	6 cm	5 cm	4 cm	3 cm	2 cm	Durchmesser m	Höhe m	m	mm		Mk.
I	2,00	1,90	1,70	1,50	1,30	1,20	1,00	0,80	0,60	0,50	0,30	0,60	0,75	1,40	40	0,28	420
II	3,20	2,90	2,60	2,40	2,10	1,90	1,60	1,30	1,00	0,80	0,50	0,75	0,75	1,40	40	0,44	525
III	5,70	5.20	4,70	4,30	3,80	3,30	2,80	2,40	1,90	1,40	1,00	1,00	1,00	1,80	50	0,79	785
IV	9,60	8,80	8,00	7,20	6,40	5,60	4,80	4,00	3,20	2,40	1,60	1,30	1,00	1,80	60	1,33	1050
V	14,40	13,20	12,00	10,80	9,60	8,40	7,20	6,00	4,80	3,60	2,40	1,60	1,25	2,10	60	2,00	1360
VI	20,20	18,50	16,80	15,10	13,40	11,80	10,10	8,40	6,70	5,10	3,40	1,88	1,25	2,10	80	2,78	1680
VII	26,60	24,40	22,20	20,00	17,70	15,50	13,30	11,10	8,90	6,70	4,40	2,16	1,25	2,20	80	3,66	2200
VIII	33,80	31,00	28,20	25,40	22,50	19,70	16,90	14,10	11,30	8,50	5,60	2,44	1,25	2,20	100	4,68	2720
IX	41,80	38,30	34,80	31,30	27,80	24,40	20,90	17,40	13,90	10,40	7,00	2,72	1,25	2,75	150	5,81	3290
X	50,40	46,20	42,00	37,80	33,60	29,40	25,20	21,00	16,80	12,60	8,40	3,00	1,25	2,75	200	7,00	3860

Der beim Durchströmen des Wassers vom Filter verursachte Widerstand, der sogenannte Filterdruck, kann durch Aufsetzen von Manometern auf dem Zufluß- und Reinwasserrohr erkannt werden. Zu beachten ist hierbei, daß beide Manometer in gleiche Höhe zu liegen kommen, da anderenfalls das tieferliegende Reinwasserrohr einen höheren Druck anzeigt, während es einen jeweils um den Filterdruck niedereren, durch die örtlichen Verhältnisse bedingten Leitungsdruck anzeigen soll.

Die Fig. 514 u. 515 zeigen das Warren-Filter, eine der in Fig. 512 beschriebenen ähnliche Einrichtung. In Fig. 514 ist der Betrieb, hier für größere Anlagen gedacht, dargestellt. E ist das Zuführungsrohr des trüben Wassers, das bei geöffnetem Schieber S, der von der Bühne B

aus gehandhabt werden kann, in der Pfeilrichtung nach dem mittleren Steigrohr fließt und hier über der Sandschicht *C* sich ausbreitet. Nach Durchsickern des Sandes und des gelochten Bodens sammelt sich das Reinwasser im Unterteil des Behälters und wird bei *A* in die Abflußleitung geführt. Der Schieber *T* ist hierbei geöffnet. Über dem Sande ist in Fig. 514 ein mittels Schraubenmutter *M* auf und ab zu bewegender und mit dem Räder- und Riemscheibengetriebe drehbarer Rechen sichtbar, der beim Betrieb stillsteht. Soll das verschlammte Filter gespült werden (Fig. 515), so wird der Einlaufschieber *S* geschlossen, der Reinwasserschieber *T* bleibt geöffnet

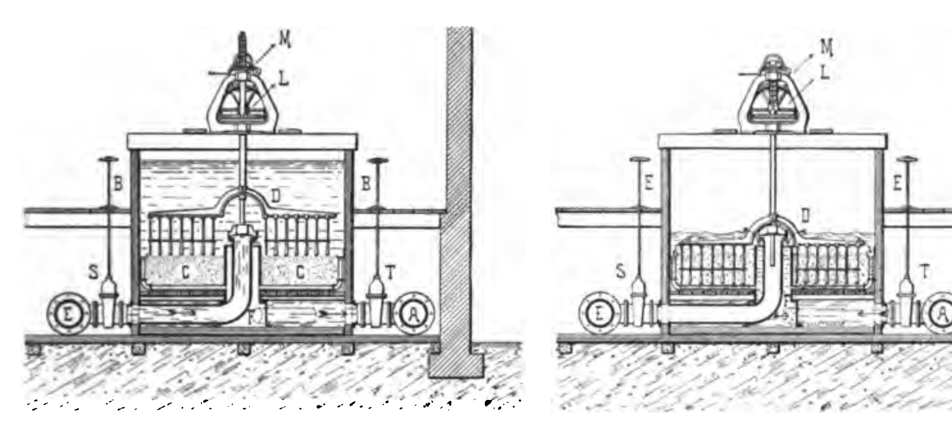


Fig. 514. Warren-Filter im Betrieb. Fig. 515. Warren-Filter, Reinigung.

und es strömt das reine Wasser unter Druck von unten durch den gelochten Boden und durch die Sandschichte, die einstweilen mittels des herabgeschraubten Rechens unter immerwährendem Drehen kräftig durchgerührt wird. Die Schlammbrühe läuft dann in der Pfeilrichtung durch das Mantelrohr nach dem Auslaß *F*. Beim Herabschrauben des Rechens wird gleichzeitig die obere Ausströmungsöffnung des Steigrohrs mittels Ventiltellers verschlossen, so daß in das Zuführungsrohr kein Schlamm gelangen kann. Auch vom Umfange des Behälters wird die Schlammbrühe durch eine Anzahl verteilter Abfallröhrchen nach dem Mantelrohr in der Mitte geleitet, das mit dem Abfluß *F* durch einen Schieber abstellbar ist.

Von den Economiserwerken in Düsseldorf-Grafenberg wird ein auf gleichem Prinzip wie das eben behandelte Warren-Filter beruhendes, durch Hand oder sonst mechanisch bewegtes, mit Quarzsandfüllung versehenes Filter nach Fig. 516 verfertigt. Das zu reinigende Wasser wird bei *A* eingelassen, ergießt sich über eine horizontal gelagerte Überlaufrinne, und fällt von dieser gleich verteilt bis etwa zur Mitte des Behälters auf die Quarzsandfüllung nieder. An dem Rührwerk sind behufs besserer Durchwühlung des Sandes die Rührstangen wellenförmig gekrümmt. Bei *B* bezw. *C* ist der Austritt des gefilterten Wassers; bei *C* sitzt ein Dreiwegventil wie auch bei *A*, mittels deren Handhabung das Oberwasser durch die Leitung *D* behufs Rückspülung des Filters von unten eingelassen und bei dem Schlammablaß *E* entfernt wird. Nach der Rückspülung läßt man bis zum Eintritt genügender Reinheit das gefilterte Wasser statt nach *C* durch Umstellen des zugehörigen Dreiwegventils nach *F* abfließen.

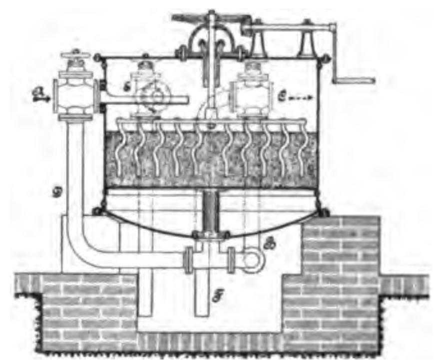


Fig. 516. Filter mit Quarzsand.

Wie derartige, mechanisch bewegbare Sandfilter für große Wasserlieferungen zusammengestellt werden, zeigt Fig. 517 nach einem Prospekt der Firma Louis Schröter in Reppen für 540 Kubikmeter pro Stunde = rd. 13000 Kubikmeter täglich, was einer Wasserversorgung von mittleren Städten gleichkommt. Zu beachten ist bei diesen Anlagen, daß sie vor Beschmutzungen von außen, namentlich vor Herabtropfen des Schmieröles von den oberhalb angeordneten Transmissions- und Betriebsteilen durch sorgfältige Abdeckungen geschützt werden; Gewerbe, welche das Betriebswasser einer vorherigen

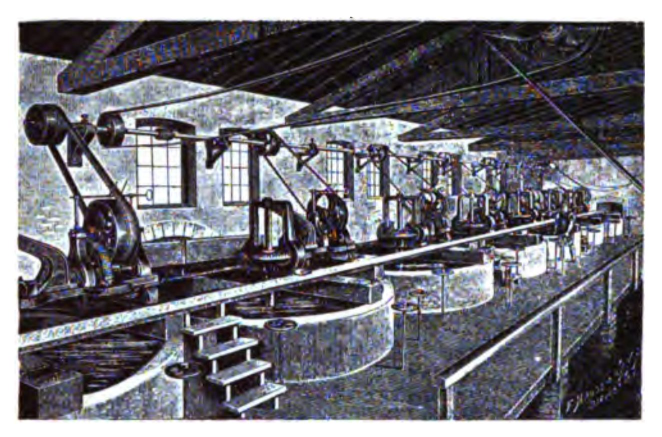


Fig. 517. Mechanische Sandfilteranlage für gewerbliche Betriebe.

Kochung unterwerfen, wie z. B. Zuckerfabriken, chemische Fabriken, Bierbrauereien u. dgl. sind darin weniger empfindlich als diejenigen, welche ihr Wasser meist kalt verwenden und daher Ölflecken unmittelbar in die Fabrikate gelangen können, wie z. B. Papierfabriken, Holzstofffabriken, Färbereien, Bleichereien u. s. f. Für einen absolut reinen Betrieb in dieser Beziehung schützt nur die Anordnung sämtlicher bewegter Teile unterhalb der Filterbühne.

Ausgeführt sind Anlagen nach Fig. 517 mit Leistungen bis 1080 Kubikmeter stündlich = rd. 26 000 Kubikmeter pro Tag.

Das Kröhnke-Filter [38], in Fig. 518 durch Längsschnitt und Ansicht dargestellt, besteht aus einer geschlossenen horizontalen Trommel, die sich um zwei Endzapfen drehen läßt und das Filtergehäuse bildet. Im Innern ist die Trommel durch vertikale Querwände aus Siebblechen so geteilt, daß sich scheibenförmige Kammern bilden, die abwechselnd mit Sand und Wasser gefüllt sind. In dem Längsschnitt der Figur tritt rechts durch den hohlen Zapfen der Trommel das trübe Wasser in der Pfeilrichtung zunächst in einen am Trommeldeckel aufgegossenen Kanal, der die einzelnen Wasserkammern miteinander an der unteren Trommelseite verbindet. Aus den Wasserkammern tritt das Wasser durch die Siebbleche in die Sandfüllungen, aus diesen in die zwischenliegenden Reinwasserkammern, die aber nur auf ihrem unteren Drittel mit durchlässigen Siebblechen versehen sind, damit auch das oberhalb des Sandes auftreffende Trübwasser die Sandschicht durchfließen muß. Die Reinwasserkammern werden am oberen Trommelrande mit einem ähnlichen Kanal in Verbindung gebracht, in welchem das filtrierte Wasser dem linkseitigen Hohlzapfen der Trommel zufließt, von wo ab es zum Gebrauche weitergeleitet werden kann. — Nach eingetretener Verschlammung des Filters wird die Richtung der Wasserströmung durch dementsprechende Schieberstellungen umgekehrt, so daß das reine Wasser (unter Druck) von der linken Seite her durch den hohlen Tragzapfen der Trommel, durch den oberen Verbindungskanal, die anschließenden Reinwasserkammern, die Sandfüllungen und durch den unteren Verbindungskanal nach dem rechtseitigen Hohlzapfen fließt und hier durch eine Abzweigung die Schlammbrühe zum Abfluß bringt. Bei dieser ganzen Waschprozedur wird das Trommelfilter mittels eines aus der Ansicht erkennbaren Zahnrad- und Kettengetriebes langsam gedreht, so daß die Sandkörner übereinander stürzen und sich des angesetzten Schlammes leichter entledigen können. — Das in der Figur dargestellte Filter ist ein vierfaches, d. h. es sind 4 Sandfüllungen vorhanden; die Hälfte der Kammern ergibt ein zweifaches Filter. Die Sandfüllungen bieten dem Wasserstrom zwei Filterflächen dar, eine im Kreisabschnitt von der Seite her und eine in der oberen Horizontalfläche des Sandes. Beide Filterflächen zusammen bilden etwa den Kreisinhalt der Trommel. Da aber das Wasser von links und von rechts auf die Sandkammern treten kann, so bietet das Kröhnke-Filter die doppelte Leistung pro Quadratmeter Filterfläche gegenüber einem Kiesfilter der vorher beschriebenen Arten mit gleichem Durchmesser. Die Kröhnke-Filter werden in 7 Größen von nachstehenden Leistungen und Dimensionen gebaut und durch die „Allgemeine Städtereinigungsgesellschaft in Berlin“ geliefert.

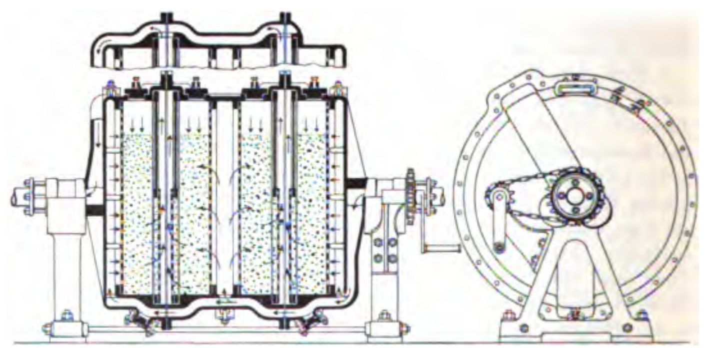


Fig. 518. Längsschnitt und Ansicht des Kröhnke-Filters.

Nr.	Filterfläche in qm	Anzahl der Kammern	Stundenleistung in cbm *)	Durchmesser der Rohrleitung mm	Durchmesser der Trommel mm	Länge der Trommel mm	Höhe vom Fundament bis Mitte Trommel mm	Ganze Länge samt Stopfbüchsen mm	Bemerkung
0	0,2	2	1,6	30	420	440	360	850	*) Bei 1 mm Korngröße des Filtermaterials und 2 m Druckhöhe des durchgeleiteten Wassers.
1	0,4	2	3,0	40	570	535	770	1020	
2	0,8	4	6,0	40	570	1070	770	1540	
3	2	2	15,0	100	1280	800	910	1750	
4	4	4	30,0	100	1280	1550	910	2500	
5	5	2	37,5	200	1950	900	1360	2360	
6	10	4	75,0	200	1950	1680	1360	3150	

Verschiedene Tuchfilter wollen in den D. R.-P.-Nummern 33 434, 43 441, 56 052, 72 754, 77 611, 105 109 und in den Prospekten von Dehne-Halle, der diese Filtration auch bei der Reinigung von Kesselspeisewasser benutzt, nachgesehen werden. Im wesentlichen sind es die sogenannten Filterpressen, welche mit Tuchfiltern arbeiten; eine diesbezügliche Konstruktion geben wir im folgenden.

Fig. 519 zeigt ein Tuchfilter von Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal für stark verschlammte Flüssigkeit. Der Apparat, Filterpresse genannt, ursprünglich in der Zuckerfabrikation zur Wiedergewinnung des Kalkes aus der saturierten Zuckerlösung angewendet, besteht aus einer großen Anzahl nebeneinander auf Eisenstangen verschiebbarer, mit Schraubenspindel und Handrad zusammengepreßter Filtervorrichtungen, von welchen jede einzelne eine gußeiserne geriffelte Platte mit umgeschlagenem Filtertuch ist. Die Flüssigkeit zirkuliert in den Riffeln, die senkrecht von oben nach unten in der Platte vertieft sind, während das umgeschlagene Tuch, das vorher von der Flüssigkeit durchdrungen wird, den Schlamm zurückhält. Zwischen je zwei Platten ist ein Tuch doppelt gelegt; beim Einpressen der trüben Brühe mittels der sogenannten Filterpumpe füllt sich der Zwischenraum zwischen den zwei Tuchwänden allmählich mit Schlamm. Wenn sämtliche Tücher voll Schlamm gepreßt sind, was sich an dem Sicherheitsventil der Filterpumpe infolge vermehrten Widerstandes bemerkbar macht, hört die Funktion der Filterpresse auf. Das inzwischen beim Austritt ausgeflossene klare Filtrat wird durch Ventile am Rückströmen verhindert; der Eintrittschieber wird ebenfalls geschlossen und durch Aufdrehen des Handrades links werden die zusammengepreßten Platten gelöst, jede einzelne ihres Tuches entledigt, dessen Schlamm, wenn wertvoll (als Dünger u. dgl.), weiter verwendet wird. Nachdem frisch gereinigte Tücher beigeschafft sind, werden diese wieder um die Platten gelegt und der Prozeß beginnt von neuem. Dieses Filter findet lediglich in der Industrie Verwendung, unter anderem bei der Weichmachung von Dampfkesselspeisewasser, wobei der ausgefällte Kalk zurückgehalten wird. In den Prospekten der Armaturfabriken sind zahlreiche Abarten vertreten, worauf wir verweisen.

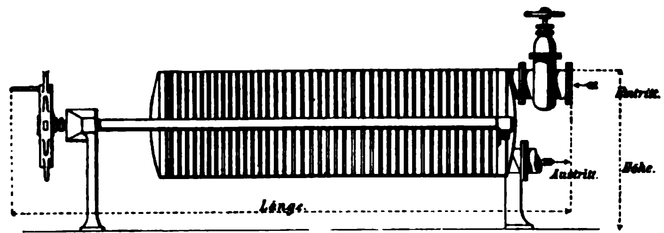


Fig. 519. Tuchfilter, sogenannte Filterpresse.

c) Enteisenungsanlagen.

Während es möglich ist, durch Sandfiltration und ähnliche bereits beschriebene Prozesse die Suspensionen organischer und organisierter Substanzen aus dem Wasser zu entfernen und dasselbe zu klären, versagen alle diese Einrichtungen, wenn es sich um die Entfernung der im Wasser chemisch gelösten Substanzen handelt. Unter diesen steht das nahezu in jedem Wasser vorhandene kohlensaure Eisenoxydul obenan; es verwandelt sich bei Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxydhydrat und bildet rostbraune Niederschläge. Besondere Zutaten und Chemikalien sind zu dieser Umwandlung nicht erforderlich; sie kann, wie Oesten 1890 [12] durch Versuche nachgewiesen und

Darapsky 1905 [105] quantitativ bestimmt hat, durch Zusammenbringen mit atmosphärischer Luft, sei es durch eine Luftpumpe oder durch Herabfallen des Wassers in der Luft, erfolgen. Die zur Durchführung der sogenannten Enteisenung erforderlichen Apparate sollen hier getrennt von den folgenden, in welchen es sich um Ausscheidung von Kalk, Gips u. dgl. handelt, besprochen werden.

Da der Eisengehalt des Wassers innerhalb weiter Grenzen schwankt (zwischen Spur bis 30,0 Milligramm per Liter, je nach dem Fassungsorte, der Tiefenlage des Grundwasserstromes, bezw. der Entnahmestelle in demselben), und auch zeitlich verschieden ist, so hat der Anlage von Enteisenungsapparaten eine genaue Untersuchung des Wassers vorauszugehen. Die einfachsten Methoden zur Feststellung des Eisengehaltes sind die kolorimetrischen, z. B. die Färbung mit Rhodanammonium, die Jolles 1888 im Archiv für Hygiene VIII, S. 402 speziell für Wasseruntersuchungen empfohlen hat, ferner die Filterung durch ein eisenfreies Wattefilter nach Dr. Frerichs im Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 502 von v. Feilitzsch. Bemerkt mag hier sein, daß ein Eisengehalt von 0,25 Milligramm im Liter die unterste praktische Grenze des im Wasser gelöst bleibenden und in jeder Hinsicht unschädlichen Eisenoxyduls darstellt, während das Überschreiten der oberen Grenzziffer, 30 Milligramm pro Liter, die Einreihung des betreffenden Wassers als sogenannte „Eisen- oder Stahlquelle" in die Kategorie medizinischer Wässer erfordert.

In früheren Jahren und zumal in Süddeutschland wurden die Wässer bei Projektierung und Ausführung von städtischen Wasserversorgungen nur selten auf den Eisengehalt untersucht; man erachtete ihn für zu geringfügig, und nur die Norddeutsche Tiefebene galt als damit behaftet. Neuere Erfahrungen haben jedoch auch in Süddeutschland, so z. B. in Karlsruhe, Amberg etc., dargetan, daß der Eisengehalt mit der Zeit und besonders mit der gesteigerten Wasserentnahme durch entlegenere Ausschwemmungen der Grundwasserzuzüge gewachsen ist. In Amberg mußte nach 12jährigem Betrieb 1904 eine 8 Kilometer lange, 250 Millimeter weite Quellwasserzuleitung, deren Ergiebigkeit bedeutend nachgelassen hatte, mit erheblichem Zeit- und Geldaufwand gereinigt werden, da der Ansatz von Rostknollen das Rohr verengt hatte. Siehe hierüber Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 597 f. Es hat sich in letzter Zeit, besonders in Norddeutschland und deshalb, weil dort fast allenthalben nur mehr Grundwasser zur Versorgung herangezogen wird, die Frage der Enteisenung bis zu hohem Grade entwickelt, wie in der Literatur nachgelesen werden kann, auf die hier verwiesen wird [12], [38], [40], [47], [48], [51], [54], [56], [58], [61], [68], [71], [73], [83], [87], [88], [89], [90], [92], [97], [98], [99], [100], [101], [105], [110], [112], [113], [117], [118], [120], [124], [128], [138], [146], [156], [159], [160], [161], [163], [170], [176], [179], [181], [183], [184].

Im allgemeinen muß angeraten werden, die Untersuchung des Wassers auf Eisen fortgesetzt periodisch zu vollziehen, damit die Entstehung von Inkrustationen beizeiten hintangehalten werden kann. Hat das Wasser einmal die bekannten Übelstände beim Gebrauch gezeigt, wie das Gelblichwerden beim Stehen, den tintenartigen Geschmack, das Zurücklassen von Rostflecken in der Wäsche u. dgl., so ist damit der Zeitpunkt schon überschritten, in welchem durch Einrichtung einer Enteisenung dem Verschlammen der Rohrleitungen noch gründlich vorgebeugt werden konnte. Auch die Einführung einer größeren Durchflußgeschwindigkeit, die von Anfang an hätte unterstützend wirken können, hilft dann nicht mehr. Das Übel der Rostknollenbildung, kann am leichtesten an eingebauten Streifkästen, Hydranten oder am besten an Absperrschiebern erkannt werden, da durch die katalytischen Wirbel des Wasserstromes an den Kanten und die von der Bronzegarnitur und den metallisch reinen bearbeiteten Gußeisenflächen herrührenden galvanischen bezw. elektrolytischen Erscheinungen die Ausscheidung des gelösten Sauerstoffs aus dem Wasser und dessen Aufnahme zur Rostbildung des Eisenoxyduls wesentlich gefördert wird. Infolgedessen zeigen sich an den genannten Stellen die Rostansätze besonders zahlreich und fest.

Bei den Enteisenungsanlagen bietet die Reinigung der zur Zurückhaltung des Eisenoxydhydrats verwendeten Filter insofern einige Schwierigkeit, als deren Verschlammung (abweichend von den seither beschriebenen zur Zurückhaltung von Suspensionen und den folgenden zur Ausscheidung von Kalk u. dgl. benutzten Filtern) nicht nur durch Ablagerung des Schlammes an der dem Rohwasser zunächst dargebotenen Filteroberfläche erfolgt, sondern auch im Inneren, weil die Ausfällung des Eisenoxydhydrats auch im Filterkörper selbst fortdauert, solange eben noch gelöstes Eisenoxydul und gelöster oder freier Sauerstoff vorhanden sind und durch ihre Vereinigung die Oxydbildung veranlaßt wird. Es kann also nicht wie bei jenen Filtern einfach die oberste verschlammte Schichte abgezogen oder umgewühlt werden; es muß vielmehr die ganze Filtermasse gereinigt werden. Dies geschieht am besten durch Umkehrung des Wasserstroms unter gleichzeitiger Unterstützung durch Rühren, Überstürzen oder Durchblasen des Filtermaterials mit Luft u. dgl., wie aus den nachstehenden Konstruktionen ausgeführter Enteisenungsanlagen ersehen

werden kann. Dabei sind diejenigen Verfahren vorzuziehen, welche in geschlossenen Räumen oder Gefäßen vor sich gehen, weil dadurch eine neuerliche Infektion mit verunreinigenden Stoffen aller Art vermieden wird. In den „Grundzügen für Anlage und Betrieb von Grund-(Quell-)Wasserwerken", welche im Erlaß [106] des preußischen Ministers der u. s. w. Medizinalangelegenheiten vom 11. Februar 1905 enthalten sind, wird deshalb (Punkt 7) vorgeschrieben, daß „möglichst abgeschlossene Räume oder Behälter zum Zwecke der Enteisenung, Entfärbung u. dgl." zur Verwendung gelangen sollen.

Für eisenhaltiges Brunnenwasser hat Oesten-Berlin [12] ein Filter (Fig. 520) konstruiert, mit welchem sowohl die Eisenbeimengungen als auch andere Unreinigkeiten ausgefällt und zurückgehalten werden können. Die Ausscheidung des Eisens wird dadurch herbeigeführt, daß dem Wasser, das bei *Z* zufließt und durch eine Brause *B* in feinem Regen in das Reservoir *F* herunterfällt, auf dem Wege durch die Luft Gelegenheit gegeben wird, aus der Luft Sauerstoff aufzunehmen, der die höhere Oxydierung des im Wasser gelöst enthaltenen Eisenoxyduls zu Eisenoxydhydrat (Rost) bewirkt. Das Eisenoxydhydrat schlägt sich als rostbraune Flocken im Wasser des Behälters nieder und bleibt mit etwaigen anderen Beimengungen im Kiesbett *K* zurück, während das filtrierte Wasser durch die gelochte Blechunterlage nach unten und dann seitlich in die Reinwasserabteilung *R* fließt, woraus es durch die Leitung *S* zu weiterem Gebrauch entnommen werden kann. — Nach Verfluß von auszuprobierender Dauer wird das Filter verstopft sein; seine Reinigung wird dadurch herbeigeführt, daß man bei abgesperrter Leitung *S* durch den Abzweig *H* frisches Wasser in die Reinwasserkammer *R* fließen läßt, während die Brause zu fließen aufhört und bei gleichzeitig geöffnetem Entleerungsrohr *E* das Wasser über der Kieslage abläuft. Das von *R* zugeleitete frische Wasser durchströmt jetzt von unten nach oben das Kiesbett und wühlt den Schlamm im Kies auf, welcher Vorgang durch mechanisches Rühren im Kies wirksam unterstützt werden kann. Die Trübe fließt dabei fortgesetzt durch *E* ab. An dem endlich klar werdenden Abfluß erkennt man den Eintritt der vollzogenen Kiesreinigung. Hiernach wird bei geschlossenem *H* der Grundablaß *G* geöffnet, damit die Reinwasserabteilung nur mit filtriertem Wasser, wie zu Anfang, gefüllt wird. — Die in Fig. 520 gezeichnete Einrichtung genügt für 5 Kubikmeter Reinwasser in der Stunde. Durch Kombination mehrerer solcher eiserner Behälter oder durch Anlage gemauerter Bassins kann jede beliebige Menge Reinwasser von Eisen befreit werden.

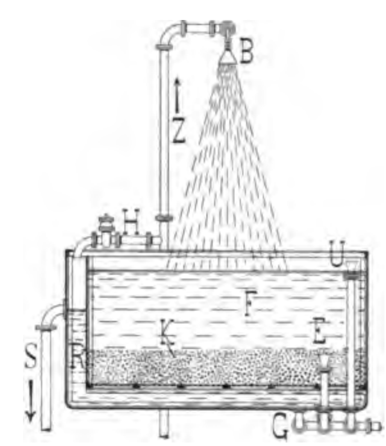


Fig. 520. Enteisenung mit Filter nach Oesten.

Aus den Versuchen Oestens 1890 [12] ist hervorzuheben, daß sie zunächst mit Belüften des Wassers in einem geschlossenen Lüftungsapparate (eiserne Röhre) begannen, in welchem von oben mittels Brause das Wasser herabfiel und durch eine Luftpumpe dem herabfallenden Wasser entgegen Luft eingeführt wurde, die oben regulierbar entweichen konnte. Erst als sich zeigte, daß die Resultate bei 0,2 Atmosphären Druck im Lüftungsapparate nicht geringer waren als bei anfänglich 1,0 Atmosphäre, wurde die Luftpumpe ausgeschaltet und der freie Regenfall mit 2 Meter Fallhöhe eingeleitet. In der Tabelle S. 348 sind die Ergebnisse der nahezu 3 Monate dauernden Versuche auszugsweise mitgeteilt. Das Versuchsfilter hatte 1,00 Quadratmeter Fläche, somit sind die jeweiligen Filtergeschwindigkeiten in Millimeter pro Stunde gleich der filtrierten Anzahl Liter pro Stunde.

Nach Beendigung der Versuche ergab die chemische Untersuchung des Filtermaterials, daß eine Probe von der Oberfläche der 150 Millimeter starken Kiesschicht 1,95 Prozent Eisenabsatz enthielt, aus der Mitte 0,49 Prozent und am Boden 0,16 Prozent. Die Ablagerung hatte mithin nicht allein an der Oberfläche, wie bei einem gewöhnlichen Sandfilter, sondern durch die ganze Masse des Filterkörpers, mit der Tiefe naturgemäß abnehmend, stattgefunden, woraus schon Oesten 1890 schloß, daß die Oxydation und Bildung des Niederschlags nicht nur während des Regenfalls und während des Aufenthalts im Wasserkörper des Filters, sondern zum Teil erst im Filter selbst, unterstützt durch die Flächenanziehung der Filterkörperchen, vor sich geht.

Größere Anlagen zur Enteisenung sind von Oesten [40] u. a. ausgeführt worden in Freienwalde 1896, Stade 1897, Gumbinnen 1897, Insterburg 1898, Mittweida 1899. Bei diesen Anlagen wird das Wasser nur einmal gehoben, während es nach dem Apparat in Fig. 520 zweimal gehoben werden mußte, einmal zum Zwecke der Lüftung und Filterung und sodann zur Beförderung in den Hochbehälter. In Freienwalde ist die Enteisenungsanlage neben dem Hochbehälter und im Anschluß an ihn errichtet; in Stade sind Lüft- und Filteranlage auf dem überwölbten Hoch-

Wassermenge in der Stunde	Filterdruckhöhe	Eisengehalt des Wassers		Bemerkungen zu den Versuchsvornahmen. Die Wasserförderung erfolgte mittels einer Speisepumpe aus einem verlassenen Brunnen in der Frauenklinik Berlin, die chemischen Analysen stammen von Dr. Proskauer daselbst. Das Wasser im Filter stand 556,5 mm über der 150 mm hohen Kiesschicht von 2 cm Korngröße.
		vor dem Versuch	nach dem Versuch	
Liter	cm	mg-Liter	mg-Liter	
996	0	2,34	0,65	Belüftung mittels Luftpumpe, bei 10 m Druck
930	0	2,43	0,27	„ „ „ „ 2 m „
1000	0	2,20	0,27	„ „ „ „ 2 m „
1000	1,0	2,21	0,32	„ „ „ „ 2 m „
1000	1,0	2,20	0,27	„ „ „ „ 2 m „
996	1,5	2,21	0,32	„ mit Regenbrause 2 m hoch
996	1,5	2,10	0,23	„ „ „ 2 m „
1050	3,0	2,10	0,23	„ „ „ 2 m „
1000	4,0	2,21	1,22	Brause 60 mm unter Wasser, Luftzutritt in der Pumpe durch die abgenützte Kolbenstange nicht zu vermeiden
1000	4,0	2,19	0,75	Brause 50 mm über Wasser
1000	4,0	2,19	0,55	„ 100 „ „ „
1000	4,0	2,21	0,36	„ 200 „ „ „
1000	4,0	2,21	0,27	„ 500 „ „ „
960	4,0	2,19	0,25	„ 1,00 m „ „
1000	5,0	2,19	0,21	„ 2,00 „ „ „
1000	5,0	2,19	0,45	Brause unter Wasser, Luft absichtlich in die Pumpe eingesogen
1062	5,0	2,20	0,28	„ 2 m hoch
2400	15,0	2,19	0,72	„ 2 m hoch, höchste Leistung der Speisepumpe
1000	5,0	2,24	0,21	„ 2 „ „
2000	10,0	2,20	0,60	„ 2 „ „
1000	10,0	2,21	0,64	Brause 2,5 m hoch, 50 mm Wasser über dem Filterkies

behälter erbaut, so daß das Wasser, nachdem es durch die Brauserohre herabgefallen und durchlüftet, im Filter enteisenet und durch Überlaufrohre nach unten in den Hochbehälter geflossen ist, hier wie in anderen Reservoiren aufgespeichert wird. Fig. 521 zeigt diese Anlage im Schnitt.

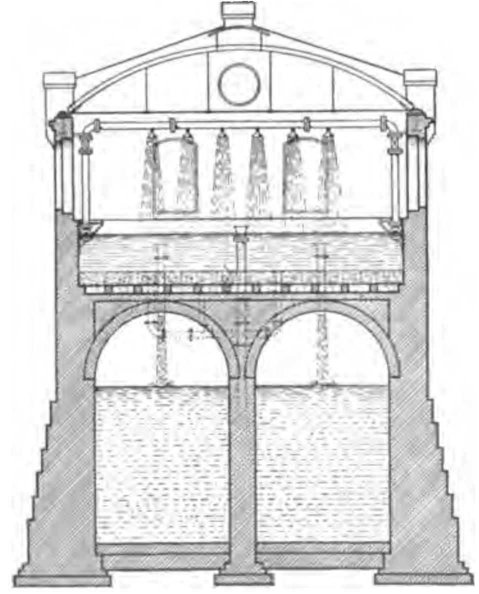


Fig. 521. Enteisenungsanlage nach Oesten in Stade. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900.)

Abweichend von der Oesten schen Art der Enteisenung durch freie Lüftung und Kies-, Sand- oder Sandplattenfilterung [12] stellt sich nach [40] die 1898 errichtete Enteisenungsanlage des Wasserwerks in München-Gladbach. Nach Fig. 522 sind dort geschlossene schmiedeiserne Kessel als Filterbehälter ausgebildet, die mit entharzten, mit Zinnoxyd präparierten Holzspänen gefüllt und in die Druckleitung eingeschaltet sind. Der im Wasser vorhanden angenommene gelöste Sauerstoff soll in den Behältern von dem Zinnoxyd auf das Eisenoxyd übertragen und auf diese Weise unlösliches Eisenoxydhydrat gebildet werden. Für eine Leistung von 300 Kubikmeter eisenfreien Filtrats pro Stunde umfaßt die Anlage 11 zylindrische Filterbehälter von 1250 Millimeter Lichtweite und 2500 Millimeter Höhe. Der Eisengehalt des Wassers beträgt 2,3 Milligramm in 1 Liter, die Filterdruckhöhe 4 Meter. Die Reinigung der verstopften Filter erfolgt durch Rückspülung bei einem 10stündigen Betrieb dreimal täglich. Nach etwa 2monatiger Betriebsdauer muß die Filtermasse ausgetragen, besonders gereinigt und zum Teil ersetzt werden. Die Betriebs-

kosten für Wartung, Filterstoff- und Wasserverbrauch zur Spülung werden auf 0,637 Pfennig per Kubikmeter angegeben.

Neuere Mitteilungen über die Enteisenung des Grundwassers in Berlin sind im Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. vom 10. November 1906, S. 977 bis 983 enthalten.

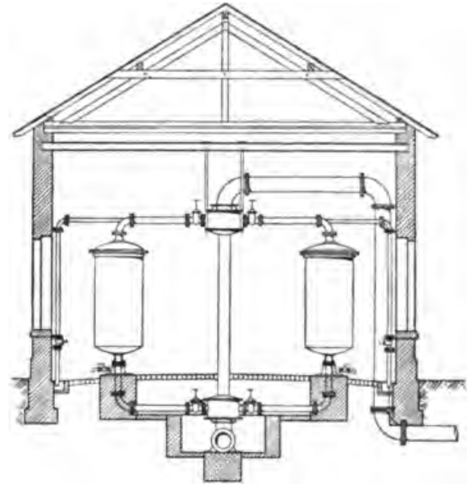


Fig. 522. Enteisenungsanlage in München-Gladbach. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900.)

Fig. 523 stellt ein Kröhnke-Filter mit Enteisenungsanlage dar [38]. Wie ersichtlich, ist hier ein dem in Fig. 518 beschriebenen Filter ähnliches in einen eisernen Behälter eingebaut, der von oben her mit dem zu reinigenden Wasser gespeist wird. Das trübe Wassor oder solches, das wohl klar, aber eisenhaltig ist, wird zuoberst bei dem Ventil mittels natürlichen Drucks oder durch eine Pumpe zum Ausfluß gebracht und zerteilt sich in einer Brause über dem siebartig durchlochten Blech, das nunmehr dem Wasser nur noch in einzelnen Fäden herabzufallen gestattet. In dem oberen der drei eisernen Behälter, sowie in dem mittleren ist je eine Koksfüllung untergebracht, welche ein langsames Durchrieseln des Wassers bezwecken soll. Zwischen dem oberen und mittleren, sowie zwischen dem mittleren und unteren Behälter ist ein offener Zwischenraum *L* gelassen, der das Durchstreichen der Luft durch das herabrieselnde Wasser veranlaßt. In diesen beiden Lufträumen soll die Oxydation des löslichen Eisenoxyduls zu unlöslichem Eisenoxyd vor sich gehen. Der untere Behälter hat den Zweck, das in Flocken nunmehr sich ausscheidende Eisenoxyd auf dem Boden zu sammeln, von wo es zuzeiten bei dem Grundablaß entleert werden kann, und ferner das Wasser durch das Kröhnke-Filter, und zwar zu dessen beiden offenen, mit gelochten Blechsieben versehenen Kreisflächen hinein, auf das im Inneren befindliche Filtermaterial zu leiten. In das Filtermaterial ist eine aufsteigende durchlochte Röhre mit verschlossenem Kopf eingeführt, die das Filtrat aus dem Inneren des Filters herausleitet und nach der rechts gelegenen drehbaren Lagerstopfbüchse führt, woselbst durch eine abermals stopfbüchsenartig gedichtete aufsteigende Röhre der Abfluß des gereinigten Wassers stattfindet. Die Ausspülung des Filtermaterials kann bei dieser Anlage nicht in der früher angegebenen Weise durch Umkehrung der Strömungsrichtung geschehen, da rückströmendes Wasser nicht zur Verfügung steht. Es muß vielmehr das Filter im Gleichstrom durchgespült werden, indem unter gleichzeitigem Drehen an dem linkseitig sichtbaren Rädergetriebe die Trommel und ihr Sandinhalt in immer andere Lagen gerät, dadurch der Schlamm von den Sandkörnern abgerieben und abgespült wird und mit der Spülbrühe nach dem Abflußrohr, das zu diesem Zwecke seitwärts geschwenkt werden muß, gelangt. Erst wenn der Abfluß klar geworden, wird das Abflußrohr wieder in die senkrechte Stellung (wie gezeichnet) zurückgeschwenkt und das klare Wasser der Verbrauchsstelle zugeleitet. Ähnliche Anlagen wurden zuerst von Piefke [8] hergestellt.

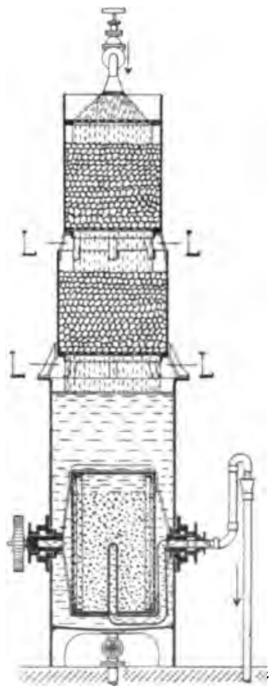


Fig. 523. Enteisenung mit Filter von Kröhnke.

Bei diesen Koksrieselern können in den Koksschichten, wenn sie nicht des öfteren umgearbeitet und für sich gesäubert werden, Herde von Pilzen und Organismen entstehen, die das gewonnene Filtrat nicht einwandfrei lassen. Auch wachsen nach mehrjährigem Betriebe die Koks mit dem ausgefällten Eisen vollständig zu. Die Enteisener nach Oesten haben diesen Nachteil nicht, da in dem herabfallenden Regen außer Aeroben und Staubteilchen nichts aufgenommen werden kann, diese aber in dem Kiesfilter, das periodisch gereinigt wird, zurückgehalten werden. Es wird zwar das aus den Koksrieselern kommende Wasser auch nachfiltriert; die Keime jedoch, die es in den Koksschichten aufgenommen hat, werden nicht immer und nicht vollständig in der verhältnismäßig dünnen Sandfüllung zurückbehalten. Die Koksrieseler werden ebenfalls von der „Allgemeinen Städtereinigungsgesellschaft in Berlin" gebaut.

Als Enteisenungsanlage wirkt auch die in Fig. 524 dargestellte Wasserreinigung, System Anderson. Dieses in Abt. I auf S. 415 bereits erwähnte Verfahren ist hier im Längsschnitt, Querschnitt und Grundriß abgebildet. Bei *Z* erfolgt unter Druck die Zuleitung des zu reinigenden Wassers, das in der Pfeilrichtung durch den hohlen Schildzapfen *B* der eisernen in Lagern bei *B* und *C* drehbaren Trommel *G* zufließt, im Inneren mit kleinen Eisenstückchen in stete Berührung gebracht wird und dabei pro Kubikmeter 1,5 bis 3 Gramm metallisches Eisen aufnimmt, das sich nach dem Verlassen des Wassers aus der Trommel in dem Abflußgerinne *A* an der Luft, eventuell unter künstlichem Einblasen von Luft als flockiges Eisenoxyd mit dem schon im Rohwasser gelösten Eisen und anderen Unreinigkeiten ausscheidet. Durch nachfolgende Sandfiltration wird gutes Wasser erzielt. Die Eisenstückchen werden bei dem Mannloch *M* eingebracht und — wie aus dem Querschnitt zu ersehen — durch die mit der Trommel sich drehenden Schaufeln emporgehoben, worauf sie am höchsten Punkt angelangt im Trommelinneren durch das Wasser herniederfallen, sich hierbei, sowie bei der Reibung an der Trommelwand stets blank scheuernd. Die Trommel wird durch ein Winkelräder- und Zahnkranzgetriebe mit motorischer Kraft umgetrieben. Die nach unten gekehrte Glocke beim Austritt des Wassers aus der Trommel steht fest, um das mit dem Eisen beschwerte, spezifisch also schwerer gewordene Wasser aus tieferer Lage entnehmen zu können. Die Ausscheidung des Eisens vollzieht sich binnen 2 bis 6 Stunden nach dem Verlassen des Reinigungsapparates. In Holland wird neuerdings dieses System aufgegeben [191].

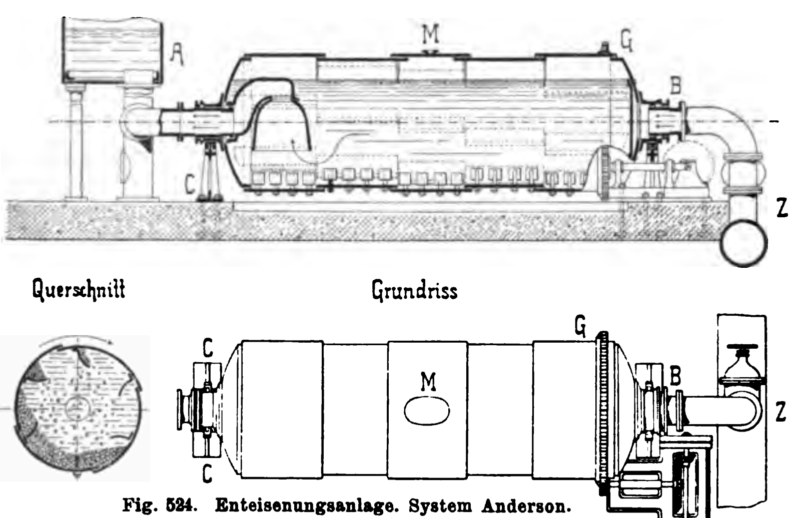


Fig. 524. Enteisenungsanlage. System Anderson.

Auf einem den Oesten- und Kröhnkeschen Verfahren ähnlichen Wege und fußend auf deren Anschauungen über die Vorgänge im Filtermaterial, die wir oben erwähnten, hat Darapsky [105] 1904 mit 5 dem Hamburger Untergrunde entnommenen Wässern, deren Gehalt an Eisenoxyd und Tonerde zwischen 2 und 36 Milligramm pro Liter betrug, eine lange Reihe von Versuchen angestellt, die den Zweck hatten, statt der gebräuchlichen zufälligen Belüftung des eisenhaltigen Wassers diese in geschlossenen Behältern, die mit feinem Kies ganz angefüllt waren, zu vollziehen und dabei die Wirkung gemessener Luft- und Wassermengen auf den Eisengehalt klarzustellen. Die Luft wurde hierbei durch eine besondere Luftpumpe in den Wasserstrom eingeblasen und gelangte in feiner Verteilung auf und durch das Filtermaterial, das jeweils aus Sand von ¹/₄ bis 3 Millimeter Korngröße bestehend, die Grenzwerte für den praktisch zulässigen Filterdruck und den Grad der Eisenfreiheit bestimmen ließ. Die besten Resultate ergab ein Korn von ¹/₂ bis 1 Millimeter Durchmesser bei ca. 3 Meter Wassersäulehöhen (Filterdruck), und bei einer Leistung von 1 Kubikmeter-Stunde Wasser mit 200 Liter Filterinhalt. Von großem Wert war hierbei die Bedingung, daß die atmosphärische, also angesogene Luftmenge 1,5 bis 2mal größer als die Wassermenge genommen wurde, und es gelang sowohl bei den Versuchen in Hamburg als an anderen Orten, jeden beliebigen Grad der Eisenreinheit zu erreichen. So ergaben z. B. die Reduktionen in:

		in rohem Wasser			im gereinigten Wasser	
Wiesbaden 13. Dezember 1904	von	0,33	mg-Liter Eisengehalt	auf	0,06	mg-Liter Fe
Pillau 22. Dezember 1904	„	0,99	„ „	„	0,08	„ „
Reinbeck 17. Januar 1904	„	1,40	„ „	„	0,20	„ „
Bremen 14. April 1904	„	1,57	„ „	„	0,08	„ „
Großborstel 6. Juli 1903	„	1,71	„ „	„	Spur	„ „
Meinersen 23. April 1904	„	5,68	„ „	„	0,11	„ „
Meinersen 18. Juni 1904	„	7,14	„ „	„	0,35	„ „
Niendorf 13. Februar 1904	„	6,28	„ „	„	0,25	„ „

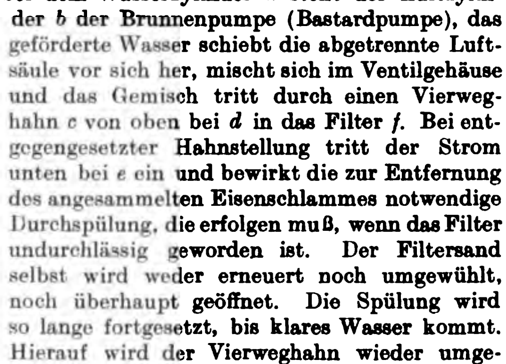
	in rohem Wasser				im gereinigten Wasser		
Dömitz 21. März 1904	von 6,60	mg-Liter	Eisengehalt	auf	0,05	mg-Liter	Fe
Nienstedten 16. Mai 1904	„ 13,64	„	„	„	0,13	„	„
S.-Altenburg 27. August 1904 . . .	„ 24,56	„	„	„	0,23	„	„
Gramlinger Sauerbrunnen 3. Mai 1904 bei Marienbad in Böhmen	„ 25,42	„	„	„	1,38	„	„

Die gute Wirkung wird dem Anprallen der mit Luft innig gemischten Wasserteilchen an den zahllosen Filterkörnern zugeschrieben, wodurch diese als Katalysatoren, das sind Auflöser oder Zerstörer, des Gemisches wirken, so daß der atomistisch gebundene Sauerstoff der Luft mit dem gelösten Eisenoxydul in die engste Berührung gelangen kann.



Fig. 526. Bastardpumpe mit Kiesfilter und Druckbehälter.

Für Handgebrauch werden nach Darapsky von der Maschinenfabrik Deseniß & Jacobi A.-G. in Hamburg-Borgfelde die Enteisenungsapparate in der durch Fig. 525 schematisch wiedergegebenen Weise ausgeführt. Über dem Wasserzylinder *a* steht der Luftzylinder *b* der Brunnenpumpe (Bastardpumpe), das geförderte Wasser schiebt die abgetrennte Luftsäule vor sich her, mischt sich im Ventilgehäuse und das Gemisch tritt durch einen Vierweghahn *c* von oben bei *d* in das Filter *f*. Bei entgegengesetzter Hahnstellung tritt der Strom unten bei *e* ein und bewirkt die zur Entfernung des angesammelten Eisenschlammes notwendige Durchspülung, die erfolgen muß, wenn das Filter undurchlässig geworden ist. Der Filtersand selbst wird weder erneuert noch umgewühlt, noch überhaupt geöffnet. Die Spülung wird so lange fortgesetzt, bis klares Wasser kommt. Hierauf wird der Vierweghahn wieder umgestellt. Der Hahngriff steht das eine Mal auf „Reinwasser“, das andere Mal auf „Spülwasser“. Das Pumpengestänge *g h* wird beliebig angeordnet.



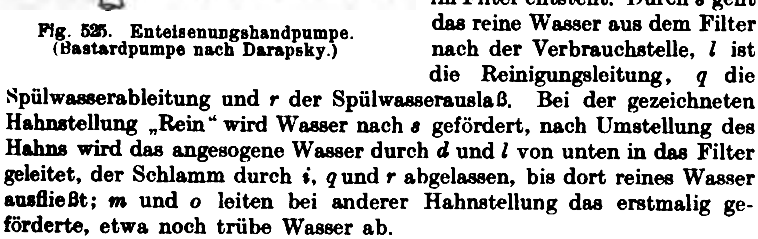


Fig. 525. Enteisenungshandpumpe. (Bastardpumpe nach Darapsky.)

Wo die Anlage von Schächten unmöglich, kann die Bastardpumpe nach Fig. 526 mit dem Kiesfilter und einem Druckbehälter vereinigt werden, wodurch das Wasser auf beliebige Höhe gehoben werden kann. Das eisenhaltige Wasser tritt bei *a* in die Wasserpumpe *b*, durch *c* wird Luft eingesaugt, das Gemisch fließt durch *d* und den Fünfwegehahn *h* bei *i* in das Kiesfilter, die Pumpe selbst wird mit Gestänge *e* und *f* bewegt. Auf dem Kiesfilter befindet sich ein Druckregler *p*, der sich öffnet, sobald eine übermäßige Pressung im Filter entsteht. Durch *s* geht das reine Wasser aus dem Filter nach der Verbrauchstelle, *l* ist die Reinigungsleitung, *q* die Spülwasserableitung und *r* der Spülwasserauslaß. Bei der gezeichneten Hahnstellung „Rein“ wird Wasser nach *s* gefördert, nach Umstellung des Hahns wird das angesogene Wasser durch *d* und *l* von unten in das Filter geleitet, der Schlamm durch *i*, *q* und *r* abgelassen, bis dort reines Wasser ausfließt; *m* und *o* leiten bei anderer Hahnstellung das erstmalig geförderte, etwa noch trübe Wasser ab.

Für Anlagen mit Kraftbetrieb kann die Enteisenung nach Darapskys System getrennt werden in die Pumpen- und in die Filteranlage nach Fig. 527 und 528. Die Bastardpumpe ist hier elektrisch angetrieben, der Wasserzylinder befindet sich unten, der Luftzylinder direkt oberhalb desselben. Die Filterkessel sind in einer Batterie vereinigt, wobei für Reini-



Fig. 527. Elektrisch betriebene Bastardpumpe.



Fig. 528. Filterbatterie nach Darapsky.

gungen ein Filter nach dem anderen in regelmäßigem Turnus ausgeschaltet und gespült werden kann, ohne den Betrieb der übrigen zu stören. Hält man ein oder mehrere Stück in Reserve, so bleibt auch die volle Wassermenge ununterbrochen erhalten. Die Schaltarmaturen (bei kleineren Ausführungen Hähne, bei größeren Schieber und Ventile) sind das einzige, das eine Bedienung erfordert. Den richtigen Zeitpunkt zur Spülung erkennt man an dem Manometer, derart, daß in einer Filterbatterie in dem Maße, als die Eisenablagerung in den Kiesporen zunimmt, der Durchgangswiderstand sich erhöht.

Der Kraftbedarf setzt sich bei diesen Enteisenungsfiltern zusammen aus dem auf die Kompression der Luft und dem zum Durchtritt des Gemisches von Luft und Wasser durch das Filter entfallenden Anteil. Der erstere Betrag wird umso geringer, je weniger Überdruck das Filter hinterher noch zu bewältigen hat; darum ist sein gegebener Platz in gleicher Höhe mit oder doch so nahe als möglich an dem Sammelbehälter. Der Druckaufwand, der vom Durchströmen des Filtermaterials herrührt, dürfte in allen Fällen mit 1,5 bis 2,5 Meter Wassersäule in Rechnung genommen werden. Beim Spülen erhöht sich dieser Druck anfangs um ein geringes und die zum Spülen erforderliche Wassermenge richtet sich nach der Art des Niederschlages, ebenso wie die Zeitperiode, welche bei voller Beanspruchung eine Rückspülung notwendig macht. Abgesehen von der Höhe des Eisengehalts bietet auch die übrige Zusammensetzung des Wassers ein wichtiges Moment zur Beurteilung des Verhaltens bei der Reinigung. Vielfach ist eine direkte Probe schon aus dem Grunde anzuraten, weil die genannten Eigenschaften oft in kurzen Zeiträumen auffallend wechseln.

In Fig. 529 ist noch eine schematische Skizze für Enteisenungsanlagen gezeigt, wie sie nach Darapsky im Großbetriebe, hier für 120 Kubikmeter pro Stunde, geplant ist. Die Pumpmaschine, welche wiederum getrennte Wasser- und Luftzylinder hat, entnimmt das eisenhaltige Wasser dem Sammelbrunnen vor dem Maschinenhause und drückt es in den in der Skizze ausgezogenen Röhren mit Luft gemischt in jeden Filterkessel oben hinein; die Luftleitung (nicht besonders gezeichnet) geht mit den Wasserröhren parallel bis vor jedes Filter und schließt hier an einen Verteilungsapparat, an welchem sich die Schaltarmaturen befinden und mittels deren die erste Mischung von Luft und Wasser bewirkt wird. In den gestrichelten Leitungen, die unten von den einzelnen Filterkesseln abzweigen, fließt das gereinigte Wasser nach einer Zisterne, aus welcher entweder andere Förderpumpen (nach hochgelegenen Behältern) das Wasser entnehmen oder, wenn die Druckverhältnisse nicht hohe sind, kann die Aufspeicherung des gereinigten Wassers hier in einem Wasserturm direkt zur Versorgung dienen. Die Spülleitungen sind in der Skizze strichpunktiert angegeben, sie führen vom Verteilungsapparat jedes Filters zusammen nach einem Behälter hinter dem Filterraum, der mit Abfluß versehen ist. Die Reinigung eines jeden Filterkessels erfolgt durch Umkehr des Stroms von Luft und Wasser, welcher von der Schalteinrichtung aus nunmehr von unten in das Filter eintritt und unter Aufwühlen des Sandes den angesammelten Eisenschlamm ausspült. Es liegen Beobachtungen vor, wonach je nach dem Eisengehalt des Rohwassers die Reinigung je eines Filterkessels nach 100 oder 200 Betriebsstunden mit kaum 1 Prozent Spülwasserverbrauch geschieht, ohne daß der Betrieb der anderen Filter gestört wird. Jedes Filter kann außerdem durch einen Absperrschieber ganz

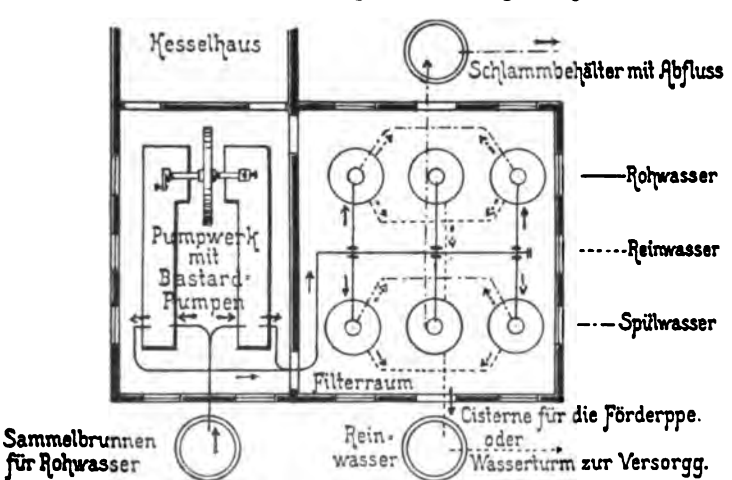


Fig. 529. Enteisenungsanlage nach Darapsky mit 120 Kubikmeter pro Stunde.

ausgeschaltet werden, dagegen findet ein Öffnen desselben, oder Herausnehmen und Erneuern des Sandes, wie schon erwähnt, nicht statt; die Bedienung besteht nur im Umschalten.

Eine von der eben gezeigten Enteisenungsanlage, die im Druckwasserstrom angelegt ist, verschiedene, wird durch deren Verlegung in den Saugwasserstrom erzielt. Dies kann nach Angaben der ausführenden Firma Deseniß & Jacobi am zweckmäßigsten dort geschehen, wo das Grundwasser mittels Mammutpumpen (Drucklufttheber) in einen ca. 1,5 Meter höher gelegenen Behälter gefördert wird, aus dem es den Filterkesseln durch je ein Regulierventil zufließt. Die Luft wird jedem Filter von oben durch ein regulierbares offenes Rohr zugeführt und mittels einer besonderen oder mit den Förderpumpen verbundenen Luftpumpe mit dem Wasser zusammen durch die Filter von oben nach unten hindurch g e s a u g t. Das enteisente Wasser fließt in einem Sammelrohr nach einem stehenden Saugekessel, der unten in eine Zisterne mündet, aus der es die Förderpumpen entnehmen; die Luft wird am oberen Ende des Saugkessels durch die Luftpumpe abgesaugt und ins Freie befördert. Das Fallrohr des Saugekessels hat unten eine Klappe, um Schwankungen des Wasserspiegels in der Zisterne von dem Saugekessel abzuhalten, da hierdurch das von der Luftpumpe erzeugte Vakuum gestört würde. Ein auf dem Saugekessel befindliches Vakuummeter zeigt den Grad der Luftverdünnung an, die sich durch die Höhendifferenz der zwei Wasserspiegel im Saugekessel und in der Zisterne kundgibt, ersterer kann auch durch ein Wasserstandsglas beobachtet werden. Die Größe dieser Niveaudifferenz hängt von dem Widerstand ab, den das Luft-Wassergemisch beim Passieren der Filter findet, nimmt also mit wachsender Ansammlung von Eisenschlamm in den Filtern zu. Steigt demnach der Filterwiderstand, so erzeugt die Luftpumpe höheres Vakuum, dem wiederum der Wasserstand im Saugekessel folgt. Die Wassermenge ist, wenn einmal eingestellt, stets dieselbe, da sie unabhängig von der Filterverschlammung ausschließlich von der Höhe des Wassers im Bassin, in welches die Mammutpumpe fördert, über den Regulierventilen der einzelnen Filter abhängt. Die Saughöhe zum Durchbefördern durch die Filter ist anfangs etwa 1,5 Meter Wassersäule und steigt bis 3,5 Meter, nach Erreichung dieses Standes muß ein Filter jeweils gespült werden. Die Spülung erfolgt ebenfalls durch Umkehrung des Stroms mittels geeigneter Schaltvorrichtungen wie bei den vorher beschriebenen Druckstromenteisenungsanlagen. Es wird Sache der Erfahrung sein, welches von diesen beiden neuen Verfahren den Vorzug vor dem anderen verdient. Die Verlegung der Enteisenung in den Saugwasserstrom hat entschieden etwas Verlockendes für sich, da sie möglicherweise ein zweimaliges Aufpumpen des Förderwassers umgeht. Berichte über ausgeführte größere Anlagen liegen bei der Neuheit des Verfahrens noch nicht vor; aus den bekanntgewordenen 6monatlichen Prüfungen einer kleineren Anlage für die Haltestelle Kotteritz (Eisenbahnbauinspektion Altenburg i. S.) geht jedoch hervor, daß die Enteisenungspumpe D a r a p s k y s das Eisen nahezu vollständig ausscheidet.

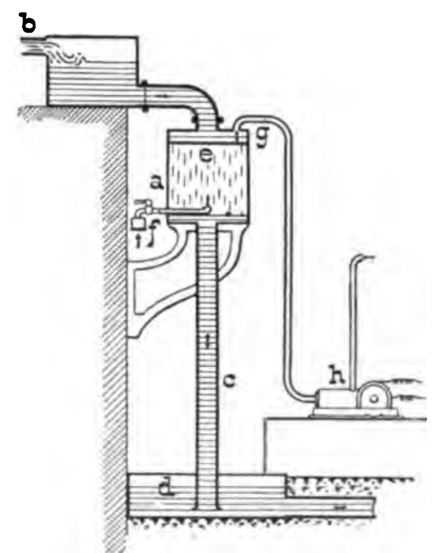


Fig. 530. Schema einer Enteisenungs- und Entgasungsanlage nach Wehner.

W e h n e r [90] empfiehlt ein der Enteisenung ähnliches Verfahren, um saure Gase, z. B. freie Kohlensäure und freien Sauerstoff, die bekanntlich an Mauer- wie an Eisenteilen von Behältern und Rohrleitungen ihre fortgesetzte zerstörende Wirkung äußern, aus den Gebrauchswässern bis auf einen unschädlichen Bruchteil zu entfernen. Er bedient sich bei seinem Verfahren ähnlicher Apparate wie O e s t e n und K r ö h n k e, nur läßt er die durch ein Sieb abfallenden Wasserfäden einen evakuierten Raum passieren, in welchem sie je nach dem Grade der darin herrschenden Luftverdünnung der gebundenen Gase sich rascher entledigen als in gewöhnlicher Luft. Nach dem Schema der Fig. 530 genügt infolge dieser energischen Gasentziehung eine geringe Regenfallhöhe von 1 Meter und weniger, während man bei den oben erwähnten Rieselern eine Fallhöhe von mehreren Metern nötig hat. Das Vakuum wird durch ein Fallrohr *c* von einigen Metern erzeugt, indem die bei *b* in einen Behälter stetig zuströmende Flüssigkeit durch das Sieb *e* in den geschlossenen Kasten *a* ausrieselt, dessen Bodenöffnung ganz erfüllend, und im Herabfallen durch das Fallrohr *c* hinter oder über sich in dem Kasten einen luftverdünnten Raum schafft. Das Fallrohr muß unten in ein mit der Flüssigkeit angefülltes Gefäß *d* tauchen, damit nicht atmosphärische Luft durch das Fallrohr nach oben einströmen kann; dieses Gefäß entleert sich nach der Verwendungsstelle durch eine Rohrleitung wie gewöhnlich. Bei andauerndem Ausscheiden der sauren Gase würde sich mit der Zeit eine Sättigung des Raumes in *a* mit diesen Gasen einstellen

und der Effekt würde bei Zunahme der Entgasung sinken müssen. Um dies zu verhindern, läßt man durch einen bei *f* regulierbaren, mit Wattefilter versehenen Einlaß atmosphärische Luft in den Kasten treten, die bei *g* mit den entbundenen Gasen (mittels Luftpumpe oder Wasserstrahlapparat) abgesaugt wird. In Fig. 530 ist eine elektrisch betriebene Luftpumpe *h* angedeutet. Es handelt sich hierbei um nur geringfügige Arbeitsleistungen. — Bei Gravitationswasserversorgungen wird der Vakuumriesler unmittelbar über dem Reservoir aufgestellt, das von der höher gelegenen „sauren" Quelle her gespeist wird. Das Gefälle bis zum Reservoir wird zum Betrieb eines kleinen rotierenden Gasabsaugers benützt, das Fallrohr des Vakuumrieslers mündet direkt in das Reservoir. Bei Pumpwerksanlagen wird der Apparat zwischen die Saugbassins (Saugbrunnen u. s. w.) und den Saugwindkessel der Pumpen eingeschaltet. Durch die Anordnung der Sieblöcher in *e* wird eine Saughöhenvermehrung von etwa 80 Zentimeter bis 1 Meter verursacht; außerdem muß ein Exhaustor (Luftpumpe, Wasserstrahlapparat) bei *g* ein um noch einen geringen Grad höheres Vakuum als die Pumpen erzeugen, da andernfalls der Gasstrom mit dem Wasser durch die Pumpen getrieben und im Druckwindkessel und Druckrohrstrang sich dem Wasser wieder einverleiben würde. Das ganze Verfahren der Vakuumrieselung ist durch Patente geschützt.

Deutsche Reichspatente auf Enteisenung sind enthalten in den Nrn.: 61 254, 61 255, 61 381, 69 640, 73 078, 75 628, 114 709, 115 519, 125 395, 126 808, 141 278, 142 929, 145 797, 148 404, 153 472, 154 792, 165 975, 168 631, 179 417, 180 687.

d) Wasserreinigung für industrielle Zwecke.

Alle im vorhergehenden besprochenen Apparate bedürfen zur Entfernung der im Wasser unbrauchbaren Stoffe keines chemischen Zusatzmittels; sobald es sich aber darum handelt, das Wasser auch von dem chemisch gelösten Kalk, Gips, Magnesia u. dgl. zu befreien, muß ein diese Stoffe zur Ausfällung bringendes Reagenzmittel dem Wasser beigesetzt und es müssen entweder durch Absitzenlassen oder nachheriges Filtrieren, oder durch beides nacheinander die entstandenen Umwandlungsprodukte in Form von Schlamm zurückgehalten werden. Es bedürfen nun wohl die meisten Gewerbe und Industrien sogenanntes „weiches" Wasser, aber in allen gewerblichen Betrieben ist der Dampfkesselbetrieb der weitverbreitetste und derjenige, welcher große Mengen Wassers von möglichst chemisch reiner Beschaffenheit verlangt. Die meisten Wasserreinigungsapparate sind, wie die Patentverzeichnisse zeigen, deshalb nur für diesen Zweck erdacht und ausgeführt worden. Allen diesen Einrichtungen ist mehr oder weniger ein gemeinsames Merkmal eigen: die Verwendung von Ätzkalk und Ätznatron, oder in den meisten Fällen nur von letzterem, als Fällmittel („Sodaverfahren"). Da nun nicht nur die gesamte Industrie als solche, sondern die städtischen Wasserwerke selbst und ihre Betriebe meist nicht ohne Dampfkessel bestehen können, so soll im nachstehenden die spezielle Wasserreinigung für Dampfkessel oder das „Weichmachen" des Kesselspeisewassers ausführlich besprochen werden. Zu diesem Zwecke wird auf das am meisten verbreitete Kalk- und Sodaverfahren, bezw. auf letzteres zunächst hinsichtlich der chemischen Reaktionen, sodann auf den Wert der Wasserreinigung, den Gehalt an löslichen Salzen in den gereinigten Speisewässern und dessen Einfluß auf Dampfkessel, die äußere Gestaltung der Reinigungsanlagen und schließlich auf die Besprechung einiger typischer Formen eingegangen. Eine übersichtliche Zusammenstellung neuerer Formen findet sich in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1906, S. 1947 f., für Lokomotiven in [143].

Die chemischen Reaktionen. Bei der Behandlung des Speisewassers mit Kalk und Soda, die bei allen Wasserreinigungsapparaten immer die nämliche Wirkung hervorrufen, ist es von Interesse, den chemischen Prozeß näher kennen zu lernen, welcher umso schneller erfolgt, je wärmer die Lösungen sind (vgl. auch Abt. I, § 1, S. 7 f. und § 38, S. 413 f.). Es handelt sich in der Regel um Ausscheidungen von Kalk, Gips und Magnesia, die den Kesselstein bilden. Dabei lassen sich (nach einer Abhandlung von R. Reichling in Dortmund in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1890, S. 1115 f.) nachstehende 7 Hauptreaktionen feststellen, von denen die Nr. 1 u. 2 die doppeltkohlensauren Verbindungen des Kalks und der Magnesia, die im Wasser löslich sind, betreffen, und die durch Zusatz von kohlensaurearmen Kalksalzen, also von einfachkohlensaurem Kalk, ausgefällt werden können. Diesem wird durch Erwärmung auch sein geringer Teil

Kohlensäure noch genommen, so daß einfacher Kalk in das Wasser übergeht, der dann von dem im Rohwasser enthaltenen löslichen doppeltkohlensauren Kalk die Kohlensäure bindet, wonach beide als einfach kohlensaurer Kalk, der im Wasser als unlöslich sich ausscheidet, niedergeschlagen werden. Schneller geht die Reaktion vor sich, wenn statt kohlensaurem Kalk Ätzkalk, der nur Spuren von Kohlensäure (aus der Atmosphäre angezogen) enthält, in das zu reinigende Wasser eingebracht wird. Dieselbe Reaktion, d. i. die Abspaltung von dem Kohlensäuregehalt des Kalks, geht auch vor sich, wenn statt Ätzkalk einfachkohlensaures Natron (Soda), das ebenfalls in Wasser löslich ist, zugeführt wird; es entsteht dann nach Nr. 3 einfachkohlensaurer Kalk und doppeltkohlensaures Natron, bezw. nach Nr. 4: einfachkohlensaure Magnesia und doppeltkohlensaures Natron. Die Nr. 5, 6, 7 betreffen die Gipse (die schwefelsauren Verbindungen des Kalks), sowie die Chlorverbindungen des Kalks und der Magnesia. Diese Reaktionen finden nur unter Einwirkung von Natronsalzen (Ätznatron oder Soda) statt, und können durch Kalkzusatz nicht zu stande kommen.

Nachstehende chemische Formeln nach Reichling zeigen die Reaktionen:
Im Wasser gelöst:

	Die Substanzen des Rohwassers:		Das Fällmittel:		In Wasser unlöslich, ausgefällt:		
1.	$CaO(2\,CO_2)$ Doppeltkohlensaurer Kalk	+	CaO Ätzkalk	=	$2\,(CaOCO_2)$ 2mal einfachkohlensaurer Kalk		
2.	$MgO(2\,CO_2)$ Doppeltkohlensaure Magnesia	+	CaO Ätzkalk	=	$MgOCO_2$ Einfachkohlensaure Magnesia	+	$CaOCO_2$ Einfachkohlensaurer Kalk
3.	$CaO(2\,CO_2)$ Doppeltkohlensaurer Kalk	+	Na_2OCO_2 Einfachkohlensaures Natron (Soda)	=	$CaOCO_2$ Einfachkohlensaurer Kalk	+	$Na_2O(2\,CO_2)$ Doppeltkohlensaures Natron (bleibt in Lösung)
4.	$MgO(2\,CO_2)$ Doppeltkohlensaure Magnesia	+	Na_2OCO_2 Soda	=	$MgOCO_2$ Einfachkohlensaure Magnesia	+	$Na_2O(2\,CO_2)$ Doppeltkohlensaures Natron (bleibt in Lösung)
5.	$CaOSO_3$ Schwefelsaurer Kalk (Gips)	+	Na_2OCO_2 Soda	=	$CaOCO_2$ Einfachkohlensaurer Kalk	+	Na_2OSO_3 Schwefelsaures Natron (Glaubersalz) (bleibt gelöst)
6.	$CaCl_2$ Chlorkalzium	+	Na_2OCO_2 Soda	=	$CaOCO_2$ Einfachkohlensaurer Kalk	+	$2\,NaCl$ Chlornatrium (Kochsalz) (bleibt gelöst)
7.	$MgCl_2$ Chlormagnesium	+	Na_2OCO_2 Soda	=	$MgOCO_2$ Einfachkohlensaure Magnesia	+	$2\,NaCl$ Kochsalz gelöst

Vergleicht man Nr. 1 mit 3, und Nr. 2 mit 4, so sieht man, daß die gleiche Reaktion mit Soda wie mit Ätzkalk erreicht wird; Nr. 5, 6 und 7 ist nur mit Soda zu erhalten. Hieraus ergibt sich für die Praxis, daß man mit Soda allein, und zwar als Ätznatron gedacht, NaOH (dem Natron des Handels), in allen Fällen auskommt und nicht nötig hat, dem Speisewasser noch mehr Kalk als Ätzkalk beizumischen.

Dadurch vereinfacht sich der ganze Reinigungsprozeß; er ist leichter zu handhaben durch den Heizer, auf dessen gewissenhafte Manipulation doch alles ankommt und einfacher zu kontrollieren durch den Betriebsleiter. Es beschränkt sich die ganze Kontrolle darauf, daß die Einwirkung des Natrons genügend lange in den Speisewasserreinigern dauert (in der Regel 6 Stunden) und daß die Menge des Natrons im richtigen Verhältnis beigegeben wird. Ersterer Bedingung wird schon durch die richtige Dimensionierung der Behälter genügt, wovon in den meisten Betrieben (auch den Wasserwerken mit Dampfbetrieb) zwei übereinandergestellte ausreichen. Die Verdampfungsfähigkeit eines Dampfkessels beträgt im Maximum 25 bis 30 Liter Wasser pro Stunde und pro Quadratmeter Heizfläche. Hat z. B. ein Wasserwerk in der Regel einen Dampfkessel von 100 Quadratmeter Heizfläche während 14 Stunden im Betrieb, so ist dessen Speisewasserbedarf pro Tag: 100 Quadratmeter × 14 Stunden × 30 Liter = 42 Kubikmeter im Maximum. Man braucht nun nicht etwa einen Behälter von diesem Inhalt, sondern es genügt ein Drittel, also 14 Kubikmeter für jeden der beiden Behälter, da während der 14stündigen Betriebszeit jeder Behälter zweimal und während der Nacht einmal, zusammen dreimal gefüllt werden kann, wenn, wie oben angegeben, etwa 6 Stunden Zeit für die Ausscheidung der Kesselsteinbildner gewährt werden. In dem oberen (in der Regel rechteckigen) eisernen Behälter von 14 Kubikmeter Inhalt (bei 7,0 Meter Länge, 2,0 Meter Breite und 1,0 Meter nutzbarer Höhe), der direkt über dem darunterliegenden

von gleichen Dimensionen aufgestellt werden kann, wird am besten Abends nach Beendigung des Betriebs die volle Füllung mit Rohwasser veranlaßt; das geschieht mittels Schwimmkugelhahns. Während der Füllung wird die vom Heizer zubereitete Lösung des Ätznatrons (eines sehr scharfen, ätzend wirkenden, daher auch Laugenstein genannten, salzähnlichen Präparats, das die Haut rasch zerstört, daher Vorsicht für die Augen beim Zerstoßen der im Handel gewöhnlich erhältlichen größeren Klumpen geboten ist) in den oberen Behälter geschüttet, wo sie sich mit dem zuströmenden Rohwasser bereits innig mischt. Bezüglich der Menge des nötigen Ätznatrons diene die empirische Regel, daß z. B. bei den Stuttgarter Wasserwerken, die 16 Grad hartes Wasser in ihre Dampfkessel speisen, pro Kubikmeter Speisewasser 160 Gramm 96prozentiges Ätznatron (kaustische Soda) verbraucht werden. Es handelt sich also bei dem ebengedachten Beispiel um eine jeweilige Menge Natrons von $14 \times 0{,}160$ Kilogramm Natron $= 2{,}24$ Kilogramm Natron, welche in einem bedeckten eisernen Mörser fein zerstoßen, in einem eisernen Topf (Glas oder Steingut zerbricht) mit heißem Wasser aufgelöst und umgerührt und so in den Inhalt des Klärbehälters geschüttet werden*). — Nach beendigter Füllung des Behälters (nach wenigen Minuten vollzogen) wird eine kleine Dampfbrause vom Kessel her, die in die unteren Wasserschichten des Behälters einmündet, angestellt und so über Nacht eine ganz geringe Dampfmenge zur Erwärmung des Wassers und besseren Ausscheidung der Kesselsteinbildner aufgewendet, da in der Wärme die Abspaltung der Kohlensäure aus den doppeltkohlensauren Kalksalzen leichter vor sich geht. [46a], [144]. —

Nachdem der Klärbehälter über Nacht gestanden und sein Inhalt den chemischen Umwandlungsprozeß vollzogen hat, wird am anderen Morgen bei Beginn des Betriebs das Wasser, jedoch nie bis auf den Boden, abgelassen, damit die ausgefällten Stoffe ruhig am Boden liegen bleiben. Das abgelassene Wasser fließt in den untenstehenden zweiten Behälter, das eigentliche Speisewasserreservoir, aus welchem die Speiseapparate saugen. Damit die Entleerung des oberen Behälters und seine Wiederauffüllung sofort vor sich gehen kann, ist es nötig, daß das Speisewasserreservoir am Morgen nahezu leer gewesen ist. Auch aus ihm wird das gereinigte Wasser nicht am Boden entnommen, sondern in 20 bis 30 Zentimeter Abstand über demselben, damit die niedergeschlagenen, meistens in Schlammform auf dem Boden liegenden Kesselsteinbildner nicht mit der Speisepumpe in den Dampfkessel befördert werden. Am besten ist die Entnahme dicht unter dem Wasserspiegel mittels schwimmfähiger Seiher.

Während nun mit dem oberen Behälter die gleiche Prozedur wie am Abend vorher vorgenommen wird und die Mischung 6 Stunden ruhig unter Anwärmen stehen bleibt, saugen die Speisepumpen aus dem unteren Behälter. Nach 6 Stunden ist letzterer leer und wird vom oberen Behälter her dann wiederum rasch gefüllt. Dieses Spiel wiederholt sich am Nachmittag noch einmal, bis es wieder am Abend nach Betriebseinstellung von vorn beginnt.

Sowohl in den beiden Speisewasserbehältern als auch in den Speisepumpen und schließlich im Kessel lagern sich die ausgeschiedenen Stoffe ab; aus den ersteren werden sie nach mehrwöchentlichem Betriebe durch gründliches Auswaschen, Ausspritzen und Auskehren durch den Grundablaß fortgespült; die Pumpen und Kessel werden in der Regel jährlich ein- bis höchstens zweimal gereinigt. In den Kesseln liegt die Hauptmenge des mit dem Speisewasser noch als suspendierte Flöckchen herübergekommenen Schlammes unterhalb des Speiserohrs, wo dasselbe unter dem Wasserspiegel des Kessels ausmündet und dessen Mündung so gerichtet sein soll, daß die schwereren Schlammteilchen nicht auf feuerberührte Kesselflächen, sondern auf kühler liegende, nur von den zweiten oder dritten Heizgasen bestrichenen Flächen zu liegen kommen, damit sie nicht sofort festbrennen, sondern als Schlamm womöglich suspendiert bleiben. Sie können dann am tiefstgelegenen Punkt des Dampfkessels, beim Kesselablaßhahn ausgeblasen werden, was besonders nach größeren Ruhepausen, etwa jeden Montag früh, wenn Sonntag kein Betrieb gewesen, nützlich ist, da sich während längerer Ruhezeit die im Dampfkesselwasser aufs feinste zerteilten Schlammkügelchen allesamt nach der tiefstgelegenen Stelle, eben dem Ablaßhahn zu, bewegen.

Der zweiten oben dargelegten Bedingung: einer einfachen Kontrolle nach der richtig bemessenen Beigabe des Ätznatrons, wird, da der Heizer die auch noch so genau vorbestimmte Menge mehr oder minder genau wiegen oder gar nicht wiegen, wohl auch überhaupt nicht in das Speisewasser bringen kann, dadurch Genüge geleistet, daß man entweder täglich oder zu beliebigen Zeiten mittels kleiner Schnitte von rotem Lackmuspapier oder gelbem Kurkumapapier einige Tropfen des im Kessel enthaltenen und an den Wasserstandsgläsern oder Probierhähnen sehr leicht aufzufangenden Wassers auf das präparierte Papier fallen läßt. Die beiden genannten aus starkem Fließ(Filtrier)papier bestehenden, mit Pflanzenfarbstoffen getränkten Reagenzmittel haben die schätzenswerte Eigenschaft, bei Vorhandensein nur einer Spur von ätzender Lauge in dem auffallenden Tropfen Kesselwasser sich zu verfärben, und zwar wird das rote Lackmuspapier blau, das gelbe Kurkumapapier braun gefärbt. Wurde die richtige Menge Ätznatron dem Speisewasser

*) Der Marktpreis des Natrons (en gros bezogen) beträgt rund 2 Mark pro 100 Kilogramm.

beigegeben, so daß alles Alkalische, Ätzende an die Kalk- etc. Salze gebunden ist, so färbt sich das Papier nicht; es wird einfach naß und behält seine ursprüngliche Farbe. Dies ist natürlich auch der Fall, wenn zu wenig Ätznatron dem Speisewasser beigegeben wurde. Es muß daher, um zu erkennen ob noch Spuren von Natron vorhanden sind, eine wenn auch noch so geringe blaue bezw. braune Färbung auftreten. Dann ist der kontrollierende Beamte sicher, daß alle Kesselsteinbildner neutralisiert werden konnten; ein geringer Überschuß von freier Lauge im Wasser schadet dem Kessel nicht. Glaubt der Beamte, daß die Färbung des Reagenzpapiers zu intensiv sei, wenn etwa ein dunkleres Blau oder Braun zu sehen ist, so kann er veranlassen, daß die nächste Dosierung von Ätznatron etwas schwächer genommen wird. Umgekehrt: ist die Reaktion gar nicht wahrzunehmen, so muß die Dosis verstärkt werden. Die ganze Kontrolle ist in wenigen Minuten ausgeführt.

Aus der letzten Reihe der in den 7 Fällen erhaltenen Reaktionen ist (mit Ausnahme der ersten beiden Fälle) zu ersehen, daß die Reaktionsmittel im Wasser gelöst bleiben. Sie gelangen also mit dem Speisewasser in den Kessel, und da täglich soundsoviel Reaktionen stattfinden, so wird der Kesselinhalt nach und nach mit den entsprechenden Lösungen: gelöstes doppeltkohlensaures Natron, Glaubersalz und Kochsalz, angereichert. Ersteres erfährt zwar durch die Einwirkung der Hitze im Kessel nochmals eine Reduktion, indem die Kohlensäure zum Teil ausgetrieben wird und einfachkohlensaures Natron, die gewöhnliche käufliche Waschsoda, in Lösung bleibt.

Diese drei gelösten Salze: Soda, Glaubersalz und Kochsalz greifen das Eisen der Kesselplatten zwar nicht an, aber sie haben die unliebsame Eigenschaft, bei allen Dichtungen (vgl. S. 139) der vom Kesselwasser bespülten Flanschen, sofern sie nicht aus Blei oder anderen Metallen bestehen, durchzuschwitzen, auch an etwa undichten Stellen des Kessels, an Stemmfugen und Nietköpfen sich auszuscheiden und hier ganze Berge von kristallinischen Gebilden anzuhängen. Auch werden die fein eingeschliffenen Metallhähne der Wasserstandszeiger, Probierhähne und Ablaßhähne infolge der auskristallisierten scharfkantigen Salzkörnchen beim Gebrauch dieser Hähne verdorben, da sich die Salzkristalle zwischen die bei der Drehung der Hahnküken sich reibenden Flächen drängen. Es ist daher erwünscht, eine zu große Anreicherung des Kesselwassers zu verhüten. — Dies geschieht in sehr einfacher Weise dadurch, daß der schon beschriebene Vorgang des Ausblasens von Kesselschlamm nach größeren Betriebspausen noch ergänzt wird durch Nachspeisen der durch das Ausblasen mitabgelassenen Kesselwassermenge mittels ungereinigtem Leitungswasser. Dadurch wird die Konzentration der Salzlösungen im Kesselwasser stets wieder herabgesetzt und die geringe Menge der mit dem ungereinigten Leitungswasser etwa in den Kessel gelangenden Kesselsteinbildner wird, wenn nicht durch die immer noch vorhandene regenerierte Soda (einfachkohlensaures Natron) niedergeschlagen und bei der nächsten Ausblasung ausgetrieben, von keinem nennenswerten schädlichen Einfluß auf den Kesselbetrieb.

Die Umständlichkeit des täglich zu wiederholten Malen nötigen Wägens, Zerstoßens, Anrührens, Auflösens und Beimischens des Ätznatrons, was in großen und durchlaufenden Betrieben immerhin eine gewisse Pünktlichkeit des Heizers voraussetzt und wohl auch durch Vergeßlichkeit unliebsame Folgen haben kann, hat die Firma Körting-Hannover veranlaßt, einen sehr sinnreichen einfachen automatischen Apparat zur Vornahme dieser Arbeiten zu bauen, der in Fig. 531 im Querschnitt, in Fig. 532 im Längenschnitt abgebildet ist. In dem Gefäß *K* befindet sich die von oben durch ein Rohr *C* zufließende Lauge, die entweder in einem höher gelegenen Behälter in der richtigen Mischung in größerer Menge, also für Wochen ausreichend, aufbewahrt wird oder aber in einem tiefer stehenden Behälter, bequemer zugänglich, angesetzt und mittels kleinem Dampfstrahlelevator durch das Rohr *C* dem Gefäß *K* zugeführt wird, während die überflüssige Lauge durch ein Rohr bei *U* wieder in den Behälter zurückfließt. Aus dem Längsschnitt ist die Zuführung des Rohwassers durch das Rohr *W* oberhalb des Apparats ersichtlich. Dieses nach zwei Seiten abgezweigte, unten mit Löchern versehene Rohr bringt das Rohwasser in feinen Strahlen in ein Kippgefäß *Q*, welches durch die abwechslungsweise Füllung je eines der beiden prismatischen

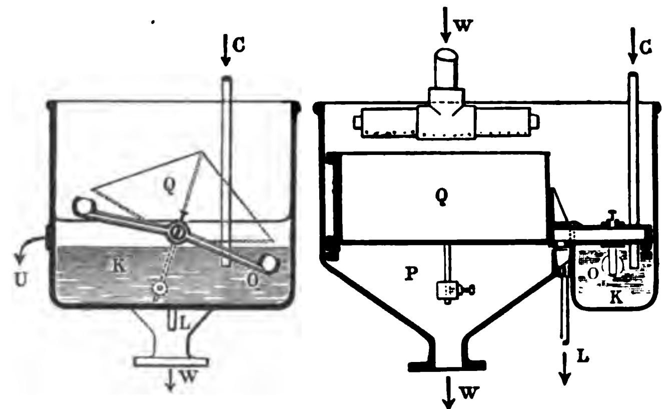


Fig. 531. Querschnitt. Fig. 532. Längenschnitt.
Automatischer Apparat zur Speisewasserreinigung.

Räume, die in der Mitte durch eine Scheidewand (s. Querschnitt) abgeteilt sind, um die untere Achse zum Kippen gebracht wird. In der Figur ist die rechtseitige Abteilung eben nach rechts gekippt und entleert ihren Inhalt in die trichterförmig nach unten verjüngte Ausflußöffnung *W*, von welcher aus das Wasser dem Klärbehälter zufließt, während die linkseitige Abteilung durch das Rohwasser gefüllt wird. Nachdem die linkseitige Füllung das Übergewicht bekommen hat, kippt die Mulde nach links um, die linke Abteilung entleert sich ebenfalls nach dem Abfluß *W*, während die rechtseitige Abteilung wieder vollläuft, und so spielt die Einrichtung ununterbrochen fort, solange der Zulauf dauert. Auf derselben Achse der Kippmulde sitzen im Längsschnitt rechts zwei hohle Schöpflöffel *O*, welche die Bewegungen der Mulde mitmachen; das eine Mal taucht der rechtseitige Löffel (s. Querschnitt), das andere Mal der linkseitige Löffel in die Lauge, füllt sich und entleert beim nächsten Spiel seinen Inhalt in die hohle Achse, aus welcher die Lauge durch ein Röhrchen *L* abfließt. Die beiden Rohre *W* und *L* sind unterhalb des Apparats zusammengeführt, so daß Rohwasser und Lauge innig gemischt gleichzeitig in den Klärbehälter fließen. Durch das Gegengewicht *P* (im Längsschnitt bezeichnet) kann die schnellere oder langsamere Pendelung des Kippgefäßes je nach Bedarf eingestellt werden. Auf diese Weise wird automatisch die einmal richtig bemessene Menge Lauge dem Rohwasser beigemischt, und da außerdem die Muldenräume genau geometrisch begrenzte Hohlmaße bilden, welche auch durch Eichung auf ihren Inhalt geprüft werden können, so läßt sich durch Anbringen eines Tourenzählers, der seinen Antrieb von einem der Löffel mittels leichter Mechanismen erhalten kann, auch eine bequeme und sichere Messung des täglich verspeisten Rohwassers erzielen. Es braucht dann nur jeden Tag der Stand des Tourenzählers notiert und die tägliche Anzahl Kippungen mit dem ganzen Inhalt der Kippmulde multipliziert zu werden, wenn nicht die Skala des Tourenzählers gleich die Hohlmaße selbst zum Ablesen enthält. Körting baut diese Kippgefäße in Verbindung mit ganzen Wasserreinigungsanlagen, also den Laugengefäßen, Klärbehältern und Sammel(Speisewasser)-reservoiren in sechs verschiedenen Größen, deren Dimensionen und Preise nachstehende Tabelle wiedergibt.

Nr.	Größte Wassermenge in cbm pro Stunde	Abmessungen des komplett. Apparates			Preis des kompletten Apparates	Bemerkungen
		Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Mk.	
1	1,0	1340	470	1200	1000	Im Preise sind eingeschlossen: Kippgefäß mit Schöpfwerk für die Lauge auf Konsolen, Bereitungsgefäß für die Lauge, Vorratsgefäß für die Lauge mit Tauchrohr, Hahn und Konsolen, Klärkasten mit Schlammtrichtern, Ablaßhähnen u. Tragebock, Sammelbehälter mit Deckel, Dampfstrahlanwärmeapparat mit Ventil, Dampfstrahlelevator mit Ventil, Schwimmer mit Reglerventil, Rohrleitung zwischen Kippgefäß und Klärkasten.
2	2,0	1780	540	1400	1250	
3	4,0	2250	670	1600	1825	
4	8,0	2750	1020	1850	2500	
5	12,0	3600	1220	2050	3750	
6	20,0	5300	1425	2500	6000	

Wert einer Wasserreinigungseinrichtung. Für Gewerbezwecke, wie z. B. Färbereien, Bleichereien, Wäschereien, für die gesamte Textilindustrie, die Gerbereien, Papierfabriken und unzählige andere Betriebe, welche das Fabrikationswasser meist in kaltem Zustande verwenden und deshalb das billigere Ätzkalkverfahren anwenden werden, ergeben sich unberechenbare Vorteile aus einer rationellen Wasserreinigung. Alle diese Betriebe, bei denen ein noch so geringer Kalkgehalt des Fabrikationswassers das Fabrikat direkt beeinträchtigt, indem je nach Menge der vorhandenen Kalksalze soundsoviel Extraktivstoffe der Farben, Bleichmittel, der Lohe und der anderen in der Industrie gebrauchten Substanzen ungelöst bleiben, also für die Fabrikation verloren gehen, sind auf die Reinigung angewiesen. Der Verbrauch an Seife ist z. B. in Wäschereien bei Verwendung harten Wassers ein ungleich größerer als bei Verwendung von Regenwasser; selbst auf die Gärtnereien, sowohl Luxus- wie Gemüsegärtnereien, erstreckt sich die Einwirkung des Leitungswassers, und es ist in allen diesen Fällen ein großer Gewinn, wenn durch eine einfache Einrichtung zum Weichmachen des Gebrauchswassers der größte Ertragswert aus den verschiedenen Gewerben gezogen wird.

Für die Dampfkesselbetriebe, die mit hartem Wasser arbeiten müssen, wird durch den Belag des Kessels mit Steinkrusten dessen Wärmeleitungsfähigkeit geringer; schmiedeiserne Blechplatten leiten z. B. pro Stunde und Quadratmeter 374,3 Kalorien, gleich dicke Marmorplatten, also einfachkohlensaurer Kalk, 23,6 Kalorien, und Töpfermasse oder Porzellan, also kieselsaure

Tonerde, 12,2 Kalorien. Letztere ist im Kesselspeisewasser selten enthalten; umsomehr hat man es mit dem einfachkohlensauren Kalk zu tun, der demnach die Leitungsfähigkeit des Eisenblechs um 23,6 : 374,3 = 1 : 16, das ist um 6¼ Prozent herabsetzt. Außer den Dampfkesseln gibt es noch mehrere für den Kalkgehalt des Leitungswassers empfindliche Apparate, so z. B. sämtliche Motoren, die durch Gas oder flüssige Brennstoffe, als Petroleum, Benzin, Spiritus, betrieben werden und die zur Aufrechterhaltung des Betriebs mit gewöhnlichem Leitungswasser gekühlt werden müssen. Es kommen bei den entzündeten Gasen Temperaturen von über 2000 Grad C. vor, deren schädliche Einwirkung auf die Zylinder mittels des um ihre Wandungen in besonders konstruierten dichten Doppelmänteln zirkulierenden Kühlwassers auf 100 bis 200 Grad herabgedrückt wird. Infolge der Aufnahme der hohen Wärme aus den Explosionen gelangt ein Teil des Kühlwassers zur Verdampfung, was wieder zur Folge hat, daß der Stein aus dem verdampften Wasser sich an den zu kühlenden Zylindern niederschlägt und die Kühlung umsomehr vereitelt, je dicker er sich ansetzt, d. i. je länger der Motor betrieben wird.

Auch für diese zahllosen in der Industrie verwendeten Gas- und Petroleummotoren ist ein möglichst kalkarmes, weiches Wasser großes Bedürfnis und der zu berechnende Gewinn aus der wirtschaftlicheren Betriebsweise mit steinfreien gekühlten Zylindern, die dann weit weniger Schmiermaterial brauchen und reibungsloser im Gang erhalten werden, ein nicht zu unterschätzender. Schwere Schäden sind auch schon dadurch entstanden, daß Kühlmäntel ganz versteinerten und große Betriebe eingestellt werden mußten. Durch Rückkühlanlagen, die das auf zirka 60 Grad C. erwärmte Kühlwasser künstlich wieder auf Lufttemperatur abkühlen, wird den Steinablagerungen nur unvollkommen abgeholfen, da von dem immer wieder verwendeten Kühlwasser ein beträchtlicher Teil hierbei verdunstet und durch frisches Rohwasser ersetzt werden muß. — Obschon eingehende Versuche über den Mehraufwand von Brennmaterial bei Dampfkesseln mit Kesselsteinbelag gegenüber reinen Kesselwänden nicht bekannt sind, so hat doch die Erfahrung gezeigt, daß bei einer 1 Millimeter starken Kesselsteinschichte etwa 5 Prozent mehr Kohlen zur Erzielung der gleichen Dampfmenge nötig sind als bei einer reinen metallischen Kesselwand. Vergleichende Verdampfungsversuche von L. P. Brekinridge & Lewes ergaben bei 1 Millimeter Kesselsteinansatz bis 10 Prozent Verminderung des Wirkungsgrades der Dampfkessel, bei 5 Millimeter bis 60 Prozent, bei 12 Millimeter bis 150 Prozent. Allerdings ist der Belag der Kesselinnenwände mit Stein nicht in allen Fällen von Nachteil; es schützt im Gegenteil ein feiner Niederschlag, der selbst festgebrannt sein kann, das Kesselblech vor Angriffen von rostbildenden Substanzen, wie sie in jedem Kesselwasser vorkommen, seien sie fester, wässeriger oder gasförmiger Natur. Durch die Dampfwallungen, das bekannte „Schäumen der Kessel", kommen scheuernde Steinpartikelchen, saure Wässer, Luft oder Kohlensäureblasen auf die Kesselwände zur Wirkung, letztere, besonders in der Wasserlinie, zerstörend. Ist dagegen eine Schutzhaut von festgebranntem Kesselstein an den Blechwänden, so bleiben die metallischen Flächen unberührt. Die Praxis lehrt, daß diese schützende Steindecke etwa die Dicke von Eierschalen, das ist zirka ¼ bis ½ Millimeter erreichen darf; in dieser Stärke läßt man sie, da wo sie angetroffen werden, bei den Kesselreinigungen auch auf den Blechen stehen. Nur bei dicker gewordenem Steinbelag muß an das Abklopfen mittels

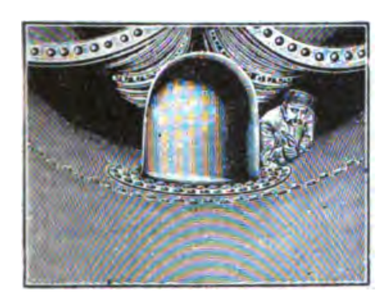


Fig. 533.

Fig. 533 und 534. Abklopfen des Kesselsteins und Reinigen einer Schlammrinne im Innern von Dampfkesseln.



Fig. 534.

scharfer Kesselhämmer gegangen werden; wird dünner Belag abgeklopft, so verletzt der scharfe Hammer das Kesselblech, wodurch es aufgerauht und für neuen Belag förmlich vorbereitet wird. Von der Beschwerlichkeit dieser Arbeiten im Innern eines heißen und finsteren Kessels geben die Fig. 533 u. 534 eine Vorstellung. Fig. 534 zeigt nebenbei eine Rinne, in welcher sich die Ablagerungen zunächst ansammeln sollen. Auch der in mehr oder weniger fester Form auftretende Schlamm wirkt wärmehindernd; seine Entfernung aus dem Kessel ist deshalb — wie bereits erwähnt — durch häufiges Ausblasen während des Betriebes und Auswaschen bei der Innenreinigung geboten. Aus einem Vortrag von G. Nimax in Köln entnehmen wir der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1888, S. 361, zwei lehrreiche Beispiele über den Wert der Speisewasserreinigung.

E r s t e s B e i s p i e l. Eine Fabrik der Kölner Gegend speiste in den Dampfkessel von 100 Quadratmeter Heizfläche in einem Arbeitstag von 11 Stunden rund 12 Kubikmeter Wasser aus ihrem Fabrikbrunnen, dessen Analyse folgende Zusammensetzung ergab:

In 100 000 Gewichtsteilen Wasser (deutsche Härteskala) waren

Kochsalz (NaCl)	5,430	Gewichtsteile.
Gips ($CaO . SO_3$)	9,670	„
Kohlensaurer Kalk ($CaO . CO_2$)	31,330	„
Kohlensaure Magnesia ($MgO . CO_2$)	1,420	„
Kieselsäure (Sand) (SiO_2)	1,130	„

Der Kessel mußte angesichts der großen Härte jeden Monat gereinigt werden, was eine jährliche Ausgabe von etwa 250 Mark verursachte. Der Kohlenverbrauch betrug rund 1500 Kilogramm im Tag oder bei 300 Arbeitstagen im Jahr 300 × 1,5 = 450 Tonnen; die Tonne Kohlen kostete auf der Fabrik 10 Mark, also die ganze Kohle im Jahr 4500 Mark. Zur Weichmachung des Speisewassers wurde dann ein Apparat angelegt, der in 12 Stunden 15 Kubikmeter leistete und fertig aufgestellt 2400 Mark kostete; die Zusätze betrugen für 1 Kubikmeter Wasser an Soda 100 Gramm im Werte von 1 Pfennig, und an Kalk 200 Gramm im Werte von 0,2 Pfennig, zusammen rund 1,5 Pfennig. Nach der Reinigung enthielt das Wasser in 100 000 Gewichtsteilen:

NaCl (Kochsalz, wird nicht gefällt, bleibt gelöst)	5,430	Gewichtsteile.
$NaO . SO_3$ (Glaubersalz, aus der Umwandlung des Gipses, bleibt gelöst)	10,100	„
$CaO . CO_2$ (kohlensaurer Kalk ausgeschieden, bis auf den immer im Wasser gelöst bleibenden Rest)	3,000	„
$MgO . CO_2$ (kohlensaure Magnesia, wird in der Regel nicht gefällt) . .	1,420	„
$Si . O_2$ (Sand, ist ganz ausgeschieden worden)	0,000	„

Nach dieser Zusammensetzung des gereinigten Wassers wären von obigen Bestandteilen nur $CaO . CO_2$ und $MgO . CO_2$ (kohlensaurer Kalk und Magnesia) fähig, Niederschläge im Dampfkessel zu bilden; dazu sind sie aber in zu verschwindend kleinen Mengen vorhanden und ergeben höchstens nach mehreren Monaten ganz wenig Schlamm, so daß der Kessel, wie normal, jährlich nur einmal, höchstens zweimal wird gereinigt werden müssen. Nun sei die Bilanz der Reinigung gezogen. Die Betriebskosten der Reinigung berechnen sich im Jahr wie folgt:

Verzinsung und Abschreibung mit 10 Prozent von 2400 Mark Anlagekosten . .	240 Mark.
Zusätze zum Rohwasser an 300 Tagen: 300 Tage × 12 Kubikmeter × 0,015 Mark pro Kubikmeter	54 „
Zusammen:	294 Mark.
(Arbeitslohn ist nicht auszugeben, da der Heizer die Zeit von 20 bis 30 Minuten täglich zur Bereitung der Reagenzlösungen im gewöhnlichen Betriebe ganz gut erübrigen kann.) Da der Kessel nunmehr nur einmal im Jahre gereinigt wird, so seien an Reinigungskosten gegen 250 Mark früher jetzt 250 : 12 = rd. 21 Mark, der Vorsicht wegen sogar rund 26 Mark gerechnet; dies gibt eine Ersparnis von 250 Mark — 26 Mark . .	224 Mark.
Somit bleiben:	70 Mark

Mehrkosten, welche durch Kohlenersparnis zu decken wären. 70 Mark entsprechen dem Wert von 7 Tonnen Kohlen, d. h. von 7 : 450 = 1,55 Prozent des früheren Verbrauchs. Diese zu erwartende Kohlenersparnis erweckt das größte Interesse der Dampfkesselbesitzer an der Speisewasserreinigung. Die Anpreisungen der Apparatelieferanten pflegen 10 bis 50 Prozent Ersparnis zu versprechen.

Durch Versuche an Betriebsdampfkesseln lassen sich indessen Zahlen betreffs Kohlenersparnis n i e e i n w a n d f r e i erbringen. Setzen wir einen Kessel voraus, der längere Zeit mit nicht gereinigtem Speisewasser gearbeitet hat, so hat sich seit der letzten Reinigung des Dampfkessels (die in der Regel auf der Feuerseite wie auf der Wasserseite gleich gründlich vorgenommen wird, also jeden Ansatz von Flugasche und Ruß auf den Kesselplatten in den Feuer- und Rauchzügen, sowie den Schlamm- und Kesselsteinbelag im Inneren des Kessels sauber entfernt) ein äußerer und innerer Belag von Null bis zu dem Höchstbetrage bei der nächsten Reinigung stetig ausgebildet. Die Folge dieses Belags ist ein ebenfalls stetig wachsender Kohlenverbrauch für jeden zur Verdampfung gekommenen Kubikmeter Wasser. Ist die genaue Ziffer des Speisewasserverbrauchs wie des Kohlenverbrauchs in dieser Betriebsperiode notiert worden, so wäre ein präziser Vergleich in obengedachtem Sinne mit demselben Dampfkessel nur möglich, wenn: 1. unter identischen Arbeitsbedingungen mit gleichem Wasser, aber gereinigt durch eines der obengenannten Verfahren, gespeist; 2. mit gleicher Kohle wie vorher geheizt; 3. der Betrieb mit der gleichen Beanspruchung, d. i. der gleichen Verdampfungsmenge pro Quadratmeter Heizfläche, erfolgen und 4. der Kessel durch den gleichen Heizer und in der gleichen Weise bedient würde. Dann ließe sich

die Differenz des in beiden Betriebsperioden beobachteten Speisewasser- bezw. Kohlenverbrauchs klarlegen. Praktisch sind aber alle erwähnten vier Bedingungen niemals zu erfüllen.

Ad 1. Die städtischen Wasserwerke, bei denen die gleichmäßigste Arbeitsweise doch am einfachsten zu erreichen wäre, da der Widerstand der mit Dampf betriebenen Pumpwerke fast stets der gleiche ist, bieten hierzu nicht die erwünschte Gelegenheit; es gibt kein Wasserwerk, das täglich den gleichen Wasserverbrauch, also die vom Dampf zu leistende gleiche Arbeitsmenge aufzuweisen hätte. Beträgt die erste Betriebsperiode z. B. 11 Monate, so muß notwendigerweise zu einem nicht täuschenden Vergleich die zweite ebenfalls 11 Monate, und zwar dieselben Kalendermonate, umfassen; indessen können auch dann die Wärmeverhältnisse, entsprechend der Monatstemperatur, noch sehr verschieden sein, und diese spielen, weil die Wärme des Speisewassers, des Kesselmauerwerks, die Kesselhaustemperatur u. s. f. vom jeweiligen Thermometerstand abhängen, eine wesentliche Rolle hinsichtlich des Verdampfungsvermögens der Kohle, da die von der Kohle nutzbar gemachte, also zur Verdampfung des Speisewassers aufgewendete Wärmemenge stets durch die Außentemperatur quantitativ beeinflußt wird.

Ad 2. Die Bedienung mit ganz gleicher Kohle ist praktisch ebenfalls nicht zu erfüllen; nicht einen Monat lang bleibt die zur Verfeuerung gelangende Kohle gleich; die Differenzen im Kohlenverbrauch pro Kubikmeter verdampften Wassers schwanken unter sonst gleichen Umständen täglich um mehrere Prozent, je nachdem viel oder wenig Unverbrennliches (Steine, schlackenbildender Grus u. dgl.) in der Kohle enthalten sind. In der Regel wird die Güte der Kohle darnach beurteilt, wie viel Kilogramm Speisewasser durch 1 Kilogramm Kohle zur Verdampfung gebracht werden können. Bei Kohlen aus der gleichen Grube schwanken aber erfahrungsgemäß diese Verdampfungsziffern bereits zwischen 7 Kilogramm und 9 Kilogramm, das sind (9 — 7) : 7 = rund 30 Prozent!

Ad 3. Wenn nicht stets gleich große Mengen Wasser in der gleichen Zeit auf einem Kesselteil verdampft werden, entstehen insofern Differenzen in der Verdampfungsziffer, als bei größerer Beanspruchung eine lebhaftere Zirkulation des Kesselwassers, ein heftigeres Wegspülen der wärmeundurchlässigeren Dampfblasen von den Blechwänden, stattfindet, daher der Übertritt der aus der Kohle entwickelten Wärme durch das innen stets mit frischem Wasser bespülte Blech in das kühlere Wasser leichter erfolgt. Als Extrem läßt sich z. B. eine so minimale Beanspruchung des Kessels denken, daß gar kein Wasser zur Verdampfung käme, wobei also alle auf dem Rost aufgegebene Kohle nur dazu verwendet würde, die durch Leitung oder Ausstrahlung verursachten Temperaturverluste des Wassers, des Kessels und des Kesselmauerwerks immer wieder zu ersetzen. Die Verdampfungsziffer wäre dann Null. Je mehr nun die Frequenz der durch die Kesselwände tretenden Wärmemenge sich einer gewissen Grenze nähert, steigt auch diese Verdampfungsziffer, die bei 10 bis 12 Kilogramm Wasserverdampfung pro Kilogramm verbrannter Kohle je nach der Kesselkonstruktion erreicht ist. Darüber hinaus liegende Ziffern stellen nicht mehr reinen trockenen Dampf, sondern mit Wasser vermischten, sogenannten nassen Dampf dar, veranlaßt durch die übermäßige Wärmetransmission, bei welcher die rapid entwickelten Dampfblasen umgebendes Kesselwasser mitreißen. Dieser Zustand tritt ein, wenn auf 1 Quadratmeter der innen mit Wasser, außen mit Feuer berührten Kesselheizfläche mehr wie 25 bis 30 Kilogramm Wasser pro Stunde zur Verdampfung gelangen sollen. In der Regel bleiben diese Zahlen in den Grenzen von 15 bis 20 Kilogramm pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche; es ist dies der „normale" Betrieb, die anderen Zahlen bedeuten den „forcierten" Betrieb. Unterhalb bleibende Ziffern sind selten; sie kennzeichnen den „mäßigen Betrieb", der zwischen 10 bis 15 Kilogramm liegt. Bei vergleichenden Verdampfungsversuchen sollen nun die Betriebszustände, d. i. die Menge des verdampften Wassers gleich sein, *dies ist jedoch fast nie der Fall.*

Ad 4. Die Person des Heizers und die Art der Kesselbedienung ist von eminentem Einfluß auf den Kohlenverbrauch. Versuche, welche in den Neunzigerjahren in Frankfurt a. M. (s. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 475) von seiten der Dampfkesselvereinigungen veranstaltet wurden, sollten die persönliche Befähigung des Heizers ziffermäßig klarlegen. Die Unterschiede in der erreichten Verdampfung bei einem und demselben Kessel mit annähernd der gleichen Kohle schwankten zwischen den einzelnen 20 Heizern, worunter auch sogenannte „Lehrheizer" sich befanden, um viele Prozente. Ein Heizer verdampfte 7,37 Kilogramm Wasser, ein anderer nur 5,89 Kilogramm pro Kilogramm Kohle.

Aus allem diesen geht hervor, daß ein zahlenmäßiger Nachweis über die erzielte Kohlenersparnis durch Anlage einer Kesselspeisewasserreinigung nicht leicht zu erbringen sein wird. Anders als aus einem länger andauernden Betriebe läßt er sich aber überhaupt nicht erbringen; denn der Zustand des Ruß- und Steinbelages ändert sich mit jedem Tage, so daß Zwischenversuche, etwa ein Tag mit ungereinigtem, ein Tag mit gereinigtem Wasser, noch viel weniger den gewünschten Anhalt bieten können.

Einen einigermaßen brauchbaren Anhalt hat man in der Berechnung des Quantums Niederschläge nach der Analyse des ungereinigten Wassers und in dessen gleichmäßig gedachter Ausbreitung auf den inneren Kesselflächen. Bei dem angezogenen Beispiel würde die Menge des in

11 Monaten im Kessel verbliebenen Rückstands an Gips, kohlensaurem Kalk und Sand ein Gewicht von: 11 Monate × 25 Tage × 12 000 Kilogramm Wasser × 0,0004213 Kilogramm Steinbildner = 1400 Kilogramm ergeben haben. (In 1 Liter ungereinigtem Wasser sind:

	0,0000967	Kilogramm	Gips,
	0,0003133	„	Kalk,
	0,0000113	„	Sand,
zusammen:	0,0004213	„	Steinbildner enthalten.)

Bei dem spezifischen Gewicht von 2,5 wären dies 1400 : 2,5 = 560 Kubikdezimeter Kalkstein, der auf die Heizfläche von 100 Quadratmeter des Kessels innen verteilt eine Dicke des Belags von 0,056 Dezimeter = 5,6 Millimeter ergeben hätte. In Wirklichkeit hätte sich dieser Steinbelag auf den von der Stichflamme berührten Kesselheizflächen innen in einer vielfachen Dicke von 5,6 Millimeter festgebrannt, während die kühleren Kesselpartien dafür weniger abbekommen hätten und nur mit Schlamm bedeckt worden wären. Wird nun die oben angeführte Wärmeleitungsfähigkeit des Kalks mit $^1/_{16}$ des Kesselblechs in Betracht gezogen und die mittlere Kesselsteindicke zu Grunde gelegt, die am Beginn der Betriebsperiode Null war und nach Verfluß von 11 Monaten erst die Dicke von 5,6 Millimeter erreicht hatte, also mit 5,6 : 2 = 2,8 Millimeter gleichstarker Dicke den Wärmedurchgang gehindert hätte, so wäre ein Wärmeverlust, bezw. eine Kohlenmehraufwand gegenüber rein gebliebenen Kesselflächen zu erwarten, der unter der Annahme, daß 0,5 Millimeter dicker Kesselstein unter allen Umständen auf den Blechen belassen worden wäre, (2,8 — 0,5) . 5 Prozent = 11$^1/_2$ Prozent betragen dürfte. Hierbei ist, wie oben bemerkt, 1 Millimeter dicker Kesselstein mit 5 Prozent Kohlenmehrverbrauch in die Rechnung eingeführt [142]. Ein genaueres Resultat wird auch durch Versuche nicht beigebracht werden können, wie in dem Vorangehenden eingehend genug dargelegt worden ist.

Zweites Beispiel. Eine Steinkohlenzeche im Essener Revier hatte so schlechtes salziges Grubenwasser, daß sie ihre Dampfkessel nicht mehr damit speisen konnte, sondern dazu Wasser aus einer öffentlichen Leitung (Ruhrwasser) entnehmen mußte, welches für 1 Kubikmeter mit 6 Pfennig bezahlt wird und immer noch recht viel Kesselstein absetzt; von diesem Ruhrwasser wurden in der Stunde 17 Kubikmeter, im Jahre rund 150 000 Kubikmeter bezogen. Es stellte sich aber der letztere Betrieb als relativ sehr teuer heraus und die Zeche ging infolgedessen dazu über, das Grubenwasser zu reinigen und den Wasserbezug aus der öffentlichen Leitung wieder aufzugeben (ähnlich verfahren in der neueren Zeit viele andere Etablissements, z. B. Großbrauereien, Badeanstalten, Elektrizitätswerke und ähnliche). Das Grubenwasser der Zeche enthielt nach Nimax in 100 000 Gewichtsteilen:

Kochsalz (NaCl)	17,230	Gewichtsteile.
Chlorkalzium (CaCl)	3,440	„
Gips ($CaO . SO_3$)	23,120	„
Kohlsauren Kalk ($CaO . CO_2$)	14,730	„
Kohlensaure Magnesia ($MgO . CO_2$)	11,670	„

Zur Aufbereitung dieses Wassers wurde eine Einrichtung beschafft, welche 17 Kubikmeter in der Stunde weich machte und reinigte und 12 000 Mark kostete. Die Zusätze für 1 Kubikmeter Wasser kosteten an Soda 2,5 Pfennig, an Kalk 0,1 Pfennig, zusammen 2,6 Pfennig, rund 3,0 Pfennig und das aufbereitete Wasser enthielt in 100 000 Gewichtsteilen:

Kochsalz (NaCl)	17,230	Gewichtsteile
Chlorkalzium (CaCl)	3,440	„
Glaubersalz ($NaO . SO_3$)	24,140	„
zusammen:	44,810	„

stets löslich bleibende Bestandteile.

Kohlensauren Kalk ($CaO . CO_2$)	3,000	Gewichtsteile,
Kohlensaure Magnesia ($MgO . CO_2$)	11,670	„
zusammen:	14,670	„

die sich als feiner Schlamm in den Kesseln niederschlagen und abgelassen werden, ohne Stein zu bilden.

Jährliche Betriebskosten der Reinigung:

Verzinsung und Abschreibung 10 Prozent von 12 000 Mark	1200 Mark.
Zusatzmittel 150 000 Kubikmeter × 0,03 Mark	4500 „
Zusammen:	5700 Mark.

Die Kosten der Speisung mit Ruhrwasser (Leitungswasser) betrugen dagegen:

Ankauf des Wassers 150 000 Kubikmeter × 0,06 Mark	9000 Mark.
Für Kesselreinigungen	900 „
Zusammen:	9900 Mark.

Es ergibt sich demnach ohne weiteres ein Unterschied zu Gunsten der Speisung mit gereinigtem Grubenwasser von 9900 — 5700 Mark = 4200 Mark, so daß die Reinigungsanlage durch diese Ersparnis allein in weniger als 3 Jahren sich bezahlt macht. Durch die Steinfreiheit der Kessel wird sich außerdem deren Nutzleistung steigern, also ein Kohlenminderverbrauch eintreten, was sehr zu berücksichtigen ist. Ferner sind hervorzuheben: die nicht ziffernmäßig festzustellenden Vorteile durch ungestörten Betrieb und Vermeidung vieler Reparaturen an den Kesseln, welche bei versteinten Blechen infolge der Überhitzung durch die Stichflammen an den Kesselnietnähten sich einstellen, ja selbst zu Ausbeulungen der Feuerplatten führen können, wenn nämlich die Kesselsteinschichten unmittelbar über der Stichflamme so dick geworden sind, daß das Kesselblech zum Erglühen gebracht wird. Eine Abkühlung durch das Kesselwasser ist dann nicht mehr zu erwarten und die Folgen der Ausbeulungen sind nicht selten Kesselexplosionen mit ihren unheilvollen Zerstörungen. Auch Betriebsstörungen verursacht der Kesselstein, da z. B. stehende Kessel mit horizontalen Quersiederöhren von 30 bis 70 Millimeter Lichtweite, welche mit Stein ganz zuwachsen, einfach keinen Dampf mehr liefern. Die Siederöhren müssen alsdann ganz ausgebohrt werden, was oft mehrere Tage in Anspruch nimmt.

Der Gehalt an löslichen Salzen in den gereinigten Speisewassern und dessen Einfluß auf Dampfkessel. Aus der Analyse des gereinigten Grubenwassers von Beispiel 2 fällt sofort auf, daß es sehr viel lösliche Salze (44,810 Gewichtsteile) enthält. Dieser Salzgehalt würde, wenn er ein gewisses Maß der Konzentration überschritte, sich im Kessel ebenfalls ausscheiden als kristallinische oder amorphe Ablagerung, und beide könnten ähnlich wie Steinablagerungen wirken. Es ist deshalb auf die Frage, welcher Konzentrationsgrad noch gestattet ist, näher einzugehen. Wie bereits oben angeführt, wird eine Konzentration durch Kontrolle mit Reagenzpapieren (blaues Lackmus- oder gelbes Kurkumapapier) nachgewiesen. Die Reagenz mit den präparierten Papieren weist jedoch nur alkalische Bestandteile (Ätzkalk, Ätznatron u. dgl.) nach und läßt die Anreicherung mit Kochsalz nicht erkennen. Nun beträgt die größte Löslichkeit der in dem Beispiel vertretenen Salze in heißem (Kesseltemperatur) Wasser:

für Kochsalz ($NaCl$) . . . . 40 Gewichtsteile in 100 Gewichtsteilen Wasser.
„ Chlorkalzium ($CaCl$) . . 300 „ „ „ „ „
„ Glaubersalz ($NaO . SO_3$) . 240 „ „ „ „ „

Eine darüber hinausgehende Anreicherung bringt den entsprechenden Gewichtsteil des betreffenden Salzes wieder zur Ausscheidung. Zunächst würde sich also Kochsalz ausscheiden, da 100 Teile Wasser nur 40 Teile Kochsalz gelöst in sich aufnehmen. Untersuchen wir nun, wieviel Wasser in einem der angezogenen Kessel verdampft werden müßte, damit dieser Grad der Sättigung eintritt.

Das gereinigte Grubenwasser (Beispiel 2) enthielt:

in 100 Gewichtsteilen Wasser $NaCl$ 0,01723 Gewichtsteile,
„ „ „ „ $CaCl$ 0,00344 „
„ „ „ „ $NaO . SO_3$ 0,02414 „

somit würde eine volle Sättigung des Kesselinhalts eintreten:

für Kochsalz bei $\frac{40}{0,01723} =$ rd. 2 300maliger Verdampfung des Inhalts.

„ Chlorkalzium „ $\frac{300}{0,00344} =$ rd. 100 000 „ „ „ „

„ Glaubersalz „ $\frac{240}{0,02414} =$ rd. 10 000 „ „ „ „

Maßgebend bleibt also für das Ausblasen der Kessel die Sättigung des Kesselinhalts mit Kochsalz.

Die Frage, wie lange es dauern würde, bis in einem Dampfkessel irgend einer Konstruktion die größte Sättigung mit Kochsalz erfolgte, wird in nachstehender Tabelle für einen solchen von 100 Quadratmeter Heizfläche beantwortet.

Kesselkonstruktion à 100 qm Heizfläche	Wasserinhalt	Stündliche Verdampfung	Verdampfg. bis zur Sättigung	Sättigungszeit
	cbm	qm Liter cbm	cbm	cbm Std.
1. Cornwallkessel	21,0	$100 \times 22 = 2,2$	$2300 \times 21,0$	$\frac{48\,300}{2,2} = 21\,954$
2. Kombinierter Wasserröhrenkessel	16,6	$100 \times 20 = 2,0$	$2300 \times 16,6$	$\frac{38\,180}{2,0} = 19\,090$
3. Zirkulationsröhrenkessel .	9,7	$100 \times 18 = 1,8$	$2300 \times 9,7$	$\frac{22\,310}{1,8} = 12\,400$
4. Gewöhnliche Wasserröhrenkessel mit Oberkessel . . .	4,16	$100 \times 15 = 1,5$	$2300 \times 4,16$	$\frac{9568}{1,5} = 6378$
5. Gewöhnliche Wasserröhrenkessel ohne Oberkessel . .	3,48	$100 \times 15 = 1,5$	$2300 \times 3,48$	$\frac{8004}{1,5} = 5336$

Die Zusammenstellung zeigt, daß bei Nr. 5 die Sättigungszeit die kürzeste von allen ist, weil bei den gewöhnlichen Wasserröhrenkesseln ohne Oberkessel, die nur aus 100 Millimeter weiten Siederöhren bestehen, der Wasserinhalt am kleinsten ausfällt, seine Sättigung daher am frühesten vollzogen ist. Immerhin beträgt diese Frist bei ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb, also 24stündiger täglicher Betriebszeit: 5336 : 24 = 222 Tage; es wird nun wohl keine Verwaltung geben, welche die Kessel so lange betreiben wollte, bis der größte Sättigungsgrad für das Kochsalz eintritt. Die Zahlen zeigen im übrigen, daß man schon sehr viel Wasser in den Kesseln verdampfen kann, bevor die löslichen Salze in beängstigender Weise konzentriert werden.

Würde man den Kessel unter 5. einen ganzen Monat lang, Tag und Nacht hindurch, unausgesetzt betreiben und dann erst entleeren, ohne vorher die geringste Wassermenge ausgeblasen zu haben, so würde die Konzentration der Kochsalzlösung nur $\frac{30 \cdot 40}{222}$ = rd. 5 Prozent betragen, und unter denselben Verhältnissen würde beim Kessel unter 1. die Konzentration der Kochsalzlösung nur 30 . 40 : 915 = 1,31 Prozent sein.

Eine Konzentration von 5 Prozent ist aber immer noch zulässig, denn auf Seeschiffen geht man nach Busley (s. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 1111) bis zu 9 Prozent Konzentration, was auf 100 Liter Wasser 9 Kilogramm Kochsalz ausmacht (Seewasser hat im Mittel 3,5 Prozent Kochsalz). Eine gesättigte Kochsalzlösung erhöht den Siedepunkt des reinen Wassers von 100 Grad C. auf 109 Grad. Bei Dampfkesseln hat man es stets mit Temperaturen von 100 Grad bis 230 Grad C. zu tun, entsprechend 1 bis 15 Atmosphären abs. Spannung.

Nachstehend ist eine Zusammenstellung Buntes über die chemische Beschaffenheit des Leitungswassers deutscher Städte vom Jahre 1889 gegeben, die als erster Anhaltspunkt zur Erkennung des mehr oder weniger notwendigen Eingriffs einer Wasserreinigung dienen kann.

Zunächst sei zu dieser für verschiedene Zwecke wertvollen Zusammenstellung bemerkt, daß der Härtegrad des Wassers aus Spalte 6 nicht direkt entnommen werden kann, sondern erst durch Division der Werte durch 10 (da ein „deutscher" Härtegrad bekanntlich 1 Gewichtsteil Kalk (CaO) auf 100 000 Teile Wasser bedeutet, während die in der Tabelle enthaltenen Zahlen 1 Gewichtsteil Kalk auf 1 000 000 Teile Wasser bezeichnen). Man ersieht, daß es viele Städte gibt, deren Wasser 20 „deutsche" Härtegrade und mehr aufzuweisen hat. Speziell für die Dampfkesselspeisung interessant ist die Tatsache, daß oft Wasser aus zwei verschiedenen Leitungen einer und derselben Stadt ganz verschiedenen Kalkgehalt besitzen, so z. B. Berlin Nr. 7 und 8, Charlottenburg Nr. 16 und 17, Colmar Nr. 20 und 21, Danzig Nr. 22 und 23, Frankfurt a. O. Nr. 32 und 33, Plauen Nr. 59 und 60, Stuttgart Nr. 73 und 74 und Würzburg Nr. 77 und 78. Die Werte differieren stellenweise um 720 Prozent (Colmar 10 Milligramm und 82 Milligramm). Es kann also eine und dieselbe Wasserreinigungsanlage, nach gleicher Art betrieben, in der betreffenden Stadt recht verschiedene Resultate ergeben, je nachdem die Dampfkessel, bezw. die gewerblichen Anstalten in diesem oder jenem Stadtteil liegen bezw. von dem einen oder anderen Leitungsstrang aus mit Speisewasser versorgt werden. Ferner dürfte die Zusammenstellung klar erkennen lassen, daß es ein sogenanntes „Universalkesselsteinmittel", was die vielen im Handel unter den sonderlichsten Namen kursierenden, zum Teil als „Geheim"-Mittel angepriesenen Substanzen sein sollen, nicht geben kann*). Wohl bildet das Natron ein für fast alle Wässer brauchbares Niederschlagsmittel, allein seine Anwendung kann angesichts des ungemein verschiedenen Kalkgehalts nur in einer durch chemische Analyse bestimmten Dosierung beruhen, und diese wird mit der periodisch wechselnden Beschaffenheit des Wassers, namentlich des Grundwassers, auch stetig wechseln müssen. Um sich vorzustellen, welche Mengen Kalk in einer Großstadt aus dem Leitungswasser zu entfernen wären, wenn man das Wasser reinigen wollte, sei auf Hannover (Nr. 41) mit 198 Gramm Kalk in 1 Kubikmeter Wasser hingewiesen. Die Stadt hatte 1892 einen Privatwasserverbrauch von 4 715 718 Kubikmeter. Aus dieser Wassermenge hätte sich 4 715 718 Kubikmeter × 198 Gramm = rd. 800 000 Kilogramm Kalk ausfällen lassen, was 80 Eisenbahnwagen à 10 000 Kilogramm chemisch gefällten Kalks (ohne die Trockenrückstände) ergeben hätte.

*) In [104] sind 214 Analysen von Geheimmitteln enthalten; bei Anwendung des Kesselsteinmittels „Dermatin" [172] haben sich, weil dasselbe auf die Innenwände des Dampfkessels gestrichen werden muß, betäubende Dämpfe entwickelt, so daß die mit der Arbeit beauftragten Leute erkrankten. Der verwerfliche Zweck des Mittels soll darin bestehen, das Abblättern des Kesselsteins von den Kesselwänden zu ermöglichen, also das mühsame Abklopfen (Fig. 533) zu umgehen.

Zusammenstellung über die chemische Beschaffenheit des Leitungswassers deutscher Städte von Dr. Bunte, Karlsruhe.

(Nach Dr. R. Sendtner, München, in Th. Weyls Handbuch der Hygiene, S. 760—762.)

Laufende Nr.	Ort	Art des Wassers	Geologische Beschaffenheit des Quellengebietes	Milligramme in 1 Liter							
				Abdampfrückstand bei 110° C	Kalk CaO	Chlor	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Verbr. v. Kaliumpermanganat
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Aachen	Grundwasser	Kohlenkalk	304	102	10,7	17	—	—	—	0,3
2	Altona	Flußwasser, filtriert	(Elbe)	324	76	65,7	56	—	—	Spur	14,6
3	Apolda	Quellwasser	Muschelkalk	512	122	17,7	11	6	—	—	2,1
4	Augsburg	Grundwasser	Sandiger Kies, Lechtal	256	109	Spur	gering	3	—	—	2,7
5	Bamberg	„	Maintal, Regnitzgebiet. Alluvial a. d. Keupersandstein	297	82	12,4	35	5	—	—	3,2
6	Barmen	„	Ruhrtal	127	38	17,7	23	2	—	Spur	2,2
7	Berlin	Stralauer Tor, Flußwasser, filtriert	(Spree)	140	51	17,7	14	—	—	Spur	27,7
8	„	Station III, Seewasser	(Tegeler See)	196	68	16	gering	—	—	—	17,7
9	Bochum	Grundwasser	Ruhrtal	265	33	17,7	24	2	—	Spur	5,6
10	Bonn	„	Diluvium des Reintales	445	124	53,2	41	6	—	—	2,9
11	Braunschweig	Flußwasser, filtriert	(Oker)	314	94	44,4	59	2	—	—	8,6
12	Bremen	„ „	(Weser)	362	82	46,1	64	—	—	—	8,8
13	Bremerhaven	Grundwasser	Geestrücken	264	89	31,9	Spur	4	—	Spur	8,6
14	Breslau	Flußwasser, filtriert	(Oder)	112	29	10,6	17	—	—	Spur	12,6
15	Cannstatt	Quellwasser	Neckartal, Kies	544	179	31,9	97	3	—	—	1,9
16	Charlottenburg	Teufelsee, Grundwass.	Die Brunnen sind von Sand-	224	86	33,7	Spur	—	—	Spur	8,0
17	„	Wannsee, „	u. Tonschichten überlagert	183	65	10,6	—	—	—	—	5,1
18	Chemnitz	Gemischtes Quell- Grund- u. natürlich filtriertes Flußwasser	Tonschiefer	92	14	17,7	—	6	—	—	5,1
19	Coblenz	Grundwasser	Rheinkies	236	82	12,4	29	—	—	Spur	2,9
20	Colmar i. Els.	Flußwasser	Logelbach, Granit, Vogesen	46	10	Spur	Spur	—	—	—	5,5
21	„ neue Leitg.	Grundwasser	Rheinebene mit Zufluß aus Vogesen und Jura	218	82	8,9	—	2	—	—	1,7
22	Danzig, Stadtltg.	Quellwasser	bei Prangenau Alluvial	334	123	8,9	34	—	—	—	6,7
23	„ Vorstadtltg.	„	und Diluvial bei Pelonken	458	159	10,6	99	3	—	Spur	5,3
24	Darmstadt	Grundwasser	Rheintal	211	82	8,9	Spur	—	—	—	1,2
25	Dresden	„	Elbetal, Kies m. Granituntgr.	134	27	8,9	—	—	—	—	6,7
26	Düsseldorf	„	Rheintal	234	78	16	33	3	—	—	0,4
27	Duisburg	„	Kies- und Sandbänke aus Ruhr- und Rheinkies	158	44	53,2	Spur	3	—	—	1,1
28	Eisenach	Quellwasser	—	376	124	10,6	109	—	—	—	2,9
29	Elberfeld	Grundwasser	Rheintal	218	74	16	77	—	—	—	0,8
30	Essen	—	—	174	46	21,3	30	2	—	—	1,4
31	Frankfurt a. M.	Quell- u. Grundwasser gemischt	Qu.W., Basalt u. Sandstein Gr.W., Kies u. Sand, Maintal	68	5	Spur	—	—	—	—	0,8
32	Frankfurt a. O.	Grundwasser	Diluvialsand	297	88	15,9	35	—	Spur	Spur	11,8
33	„	Flußwasser, filtriert	(Oder)	157	36	8,9	14	—	—	—	27,3
34	Freiburg i. Br.	Grundwasser	Diluvium der Dreisam	68	6	Spur	9	—	—	—	1,1
35	Fürth	„	Keuper	226	54	12,4	15	13	—	—	1,2
36	Gießen	Quellwasser	Basalt und Sand	240	44	12,4	10	10	—	—	—
37	Göttingen	„	Muschelkalk	829	229	14,2	282	6	—	—	1,6
38	Greiz	„	Tonschiefergebirge	126	40	10,6	Spur	10	—	—	2,4

Zusammenstellung über die chemische Beschaffenheit des Leitungswassers deutscher Städte von Dr. Bunte, Karlsruhe. (Fortsetzung.)

Laufende Nr.	Ort	Art des Wassers	Geologische Beschaffenheit des Quellengebietes	Milligramme in 1 Liter							
				Abdampfrückstand bei 110° C.	Kalk CaO	Chlor	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Verbr. v. Kaliumpermanganat
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	Halberstadt	Grundwasser	Tal der Tintelene	395	127	24,8	73	13	—	—	2,9
40	Halle	"	Ton u. Kies i. Saale- u. Elstert.	612	152	61,4	152	2	—	Spur	4,5
41	Hannover	"	Kiesbett des Leinetales	570	198	76,3	113	2	—	—	1,7
42	Heidelberg	Quellwasser	Buntsandstein	46	6	Spur	—	—	—	—	0,5
43	Heilbronn	"	Muschelkalk	370	127	8,8	13	17	—	—	1,6
44	Homburg	"	Quarzit. Tonschiefer	52	14	Spur	—	—	—	—	3,5
45	Iserlohn	"	Lenneschiefer und Kalk	100	33	8,8	—	—	Spur	—	0,9
46	Karlsruhe	Grundwasser	Rheintal	361	93	14,2	23	—	—	—	4,7
47	Kiel	"	Kiesschicht. i. Korallensand	362	120	24,8	Spur	—	—	—	6,9
48	Königsberg	Teichwasser	—	128	50	7.1	Spur	—	—	Spur	24,2
49	Leipzig	Grund-, Mischwasser	Mulde- und Pleißetal	155	42	12,4	25	3	—	—	2,4
50	Magdeburg	Flußwasser, filtriert	(Elbe)	294	48	5,9	Spur	Spur	—	Spur	16,0
51	Mainz	Grundwasser	Tertiärgebirge des Mainzer Beckens, Corbiculaschicht	422	112	17,7	38	9	—	—	1,5
52	Mannheim	"	Kies des Rheintales	230	82	8,8	24	—	—	—	3,0
53	München	Quellwasser	Quartärgebirge auf Süßwassermolasse	278	117	5,2	Spur	—	—	—	2,5
54	Neiße	Grundwasser	—	192	33	7,1	32	—	—	—	4,7
55	Nürnberg	Quellwasser	Keupersand an Ausläufer des Jura anlehnend	140	54	Spur	8	2	—	—	1,5
56	Oberhausen	Flußwasser mit natürl. Filtration	(Ruhr)	330	67	67,5	84	5	—	Spur	4,1
57	Offenbach	Quellwasser	—	112	18	8,9	9	5	—	—	6,8
58	Offenburg	Grundwasser	Rheintal	220	65	21,3	9	12	—	—	1,0
59	Plauen	Meßbachltg. } Quell- u. Grundwasser	Devon m. alluv. Kiesschicht.	172	42	5,3	Spur	—	—	Spur	4,6
60	"	Syrauleitg. } Quell- u. Grundwasser	Kulmschiefer u. Sandstein	92	19	8,9	—	—	—	Spur	9,0
61	Plötzensee	Grundwasser	—	300	87	21,3	27	8	Spur	—	22,5
62	Posen	Flußwasser, filtriert	(Warthe)	190	67	7,1	9	—	—	—	28,5
63	Quedlinburg	Grundwasser	Kiesablagerungen der Bode	328	97	14,2	62	1	—	—	1,2
64	Ratibor	Flußwasser, filtriert	(Oder)	140	37	14,2	14	—	—	Spur	21,9
65	Regensburg	Quellwasser	Jurakalk	242	101	8,9	4	3	—	Spur	5,1
66	Remscheid	Grundwasser	Lenneschief., Oberdev., Tonschief., Grauwacke, Sandst.	42	8	5,3	Spur	—	—	—	4,3
67	Rudolstadt	"	Kiesgeröll des Saaletales auf Sandstein	168	52	7,1	31	—	—	—	4,3
68	Siegburg	"	Kiesschichten des Siegtales	80	10	8,9	Spur	—	—	—	2,1
69	Stade	"	Kiesschichten	192	59	19,5	58	—	—	Spur	2,7
70	Steele	Flußwasser, filtriert	(Ruhr)	182	44	28,4	46	—	—	—	2,9
71	Stettin	" "	(Oder)	218	52	17,6	24	—	—	Spur	21,2
72	Stuttgart	Quell(Trink)wasser	Keuper und Jura	426	155	10,7	34	15	—	—	1,6
73	"	Flußwass., filtr. } Nutzwasser	(Neckar)	314	124	8,9	44	5	Spur	—	5,7
74	"	Seewasser, " } Nutzwasser (Sammelteiche)	Keuper und Jura	154	49	Spur	Spur	—	—	—	12,1
75	Wiesbaden	Quellwasser	Vordevon	82	33	7,1	4	—	—	—	1,6
76	Witten	Grundwasser	Ruhrtal	142	33	19,5	20	—	—	—	0,9
77	Würzburg	Zell, Quellwasser	Zellendolomit u. Anhydrit	920	317	10,6	331	9	—	—	1,1
78	"	Stadt, "	" " "	782	227	16,0	211	10	—	—	1,1

Äußere Gestaltung der Reinigungsanlagen. Für Anschaffung oder Nichtanschaffung von Reinigungsanlagen ist manchmal die Platzfrage ein entscheidendes Moment. Nach Versuchen des Verfassers (Fischer) mit sechs verschieden dimensionierten gläsernen Gefäßen, welche mit gipshaltigem Wasser gefüllt wurden (1 Gramm fein gepulverter Gips auf 10 Kubikzentimeter Leitungswasser von 15 Grad C.) und in denen sich der Vorgang des Ausfällens während mehrerer Stunden, bis zu 6 und 12 Stunden, klar und deutlich verfolgen ließ, lassen hohe schmale Gefäße ein schnelleres Klären von oben herab eintreten als niedere breite. Bei diesen Versuchen konnte übrigens von einem eigentlichen chemischen Ausfällen nicht die Rede sein, da der Gips dem Wasser nur mechanisch beigemengt war. Der Gipsgehalt wurde auch ungewöhnlich stark gewählt, weil Vorversuche mit geringerer Beigabe des Gipses die Beobachtung erschwerten. Das Niederfallen der feinen Gipsteilchen war in der geringerer Beigabe entsprechenden schwach milchigen Flüssigkeit nicht mit Sicherheit wahrzunehmen, während in der stärker milchigen Mischung sogar die Bildung von fallenden Körperchen noch zu sehen möglich war. Die Dimensionen der sechs Glasgefäße waren:

Form der Gefäße	D Durchmesser mm	H Höhe mm	Inhalt ccm	$\frac{H}{D}$ =
1. Glaszylinder	12	93	10	7,8
2. „	21	115	40	5,5
3. „	35	230	200	6,5
4. rundes Becherglas	67	75	200	1,1
5. „ „	86	38	200	0,45
6. rechteckiges Glasgefäß .	125×215	30	800	0,24 und 0,14

Eine Stunde nach der Füllung mit der 10prozentigen Gipslösung ließ sich in der angeführten Reihenfolge der Gefäße die erste Klärung vom oberen Wasserspiegel abwärts bemerken; im Gefäß 1 mit dem kleinsten Durchmesser begann sie, die anderen folgten so, wie ihre Durchmesser bezw. Querschnittsdimensionen zunahmen. Bei 4 und 5, besonders aber bei dem rechteckigen Gefäß 6, war von einer meßbaren Klärungstiefe von oben herab eigentlich nichts zu sehen, hingegen betrug diese bei 1. 2 bis 3 Zentimeter, 2. und 3. 1 bis 2 Zentimeter nach der ersten Stunde.

Die Klärung nahm mit der Zeit immer zu, ebenso die Anreicherung des Niederschlags in den unteren Wasserschichten. Nach 6 Stunden waren sämtliche Gipsteilchen aus dem Wasserkörper verschwunden, das Wasser war klar und durchsichtig geworden, die Gipsniederschläge befanden sich am Boden und an den Wandungen der Glasgefäße und, merkwürdigerweise, die dem Tageslichte zugekehrten Innenflächen der Glasgefäße zeigten einen weitaus dickeren Gipsbelag als die vom Tageslichte abgewandten. Dem Verhältnis der Höhe zum Durchmesser entsprechend war natürlich der Bodensatz in 1. und 3. am stärksten; da der Gipsgehalt der einzelnen Wasserschichten als gleichmäßig angesehen werden muß, so summierten sich die Ausfällungen aus den höheren Gläsern mit zahlreicheren Wasserschichten auf dem betreffenden Bodenquerschnitt häufiger als aus den niedereren Gläsern.

Daß die Nähe der Umfassungswandung auf die raschere Ausscheidung des Gipses den größten Einfluß hat, kann aus dem Verhalten der einzelnen Gipsteilchen zueinander beurteilt werden. Jedes Gipsteilchen zieht das andere an, und zwar mit solcher Kraft, daß die Adhäsion des an den Wandungen und besonders des auf dem Boden des Gefäßes haftenden Gipses, trotz des darüber stehenden reichlichen klaren Wassers, schon so stark wirkt, daß sich die niedergeschlagenen Krusten durch bloßes Abspülen mit Wasser nicht von der Gefäßwand und durch Abspritzen mit Wasser nicht mehr voneinander trennen lassen. Selbst die verhältnismäßig große Grundfläche des Gefäßes 6. mit 12,5 × 21,5 Zentimeter = rd. 270 Quadratzentimeter zeigte nach dem Abschütten der geklärten Flüssigkeit den Bodensatz fest zusammenhängend („abgebunden"), so daß er sich in einem Stück auf dem Gefäßboden hin und her schieben ließ, nachdem er an den Rändern losgelöst worden war. Seine Dicke betrug aus der 10prozentigen Lösung bei 800 Kubikzentimeter Inhalt des Gefäßes und 2,5 spezifischem Gewicht, sowie in der schätzungsweisen Annahme, daß sich der Bodensatz und der Belag der sehr niederen Umfassungswand hier gleich dick absetzte, 800 Kubikzentimeter . 0,10 : 2,5 . (270 + 204 Quadratzentimeter) = 0,068 Zentimeter = 0,68 Millimeter.

Aus der Tatsache, daß die Seitenwände den Niederschlag ebenso fest anwachsen lassen wie die Bodenfläche, welch letztere nur durch die sinkenden, weil spezifisch schwerer als Wasser sich ausscheidenden Bestandteile belegt wird, kann man schließen, daß die Anziehungskraft der

Gipsteilchen in der Lösung zueinander von der Anziehungskraft der Seitenwände überwunden wird und daß deshalb die oberen Wasserschichten, weil sie einen Teil ihres suspendierten Stoffs der Schwere folgend nach unten abgeben, den anderen Teil durch die Anziehungskraft der Seitenwände verlieren und deshalb am ehesten klar werden. Infolge der gegenseitigen Anziehungskraft der Gipsteilchen geraten die aus den oberen Wasserschichten niedersinkenden in die Nähe der aus den niedereren Wasserschichten ausfallenden, und weil dieses Ausfallen gleichzeitig aus allen übereinander liegenden Wasserschichten vor sich geht, werden die unteren Wasserschichten durch die von oben ankommenden Gipsteilchen immer mehr gesättigt, so daß sie nicht nur zufolge der Schwere, sondern auch infolge der gegenseitigen stärkeren Anziehung, also quer zur Fallrichtung, sich zu immer größer werdenden Aggregaten zusammenballen und mit bloßem Auge bequem im Fallen beobachtet werden können. Dabei zeigt sich, daß entgegen dem Fallen der Körper in der Luft, wo bekanntlich die Geschwindigkeit stetig zunimmt, hier im Wasser gerade das Gegenteil eintritt: die in den oberen Wasserschichten ausscheidenden Körperchen fallen, weil ihre Umgebung noch spezifisch leichter ist, rascher und trotz der im Fallen zunehmenden Masse, die sie befähigen sollte, den Widerstand des Mittels leichter zu bewältigen, sinken sie immer langsamer, weil eben die spezifische Schwere der Umgebung größer geworden.

Es überrascht, daß die Ausfällung in hohen Wassergefäßen schneller vor sich gehen soll als in niederen, da doch der Weg, den die ausfallenden Stoffe in den hohen Gefäßen bis zum Boden zurückzulegen haben, größer ist als der Weg in den niederen Gefäßen. Dies ist auch nur teilweise richtig, wie schon oben bei den einzelnen Nummern der Glasgefäße gesagt wurde. Nicht der ganze Klärprozeß vollzieht sich rascher in den höheren Gefäßen, sondern nur die Einleitung der Klärung von oben herab, und zwar infolge der Anziehungskraft der Seitenwände.

Daß bei gleichem Nutzinhalt der Gefäße ein hohes enges Gefäß größere Wandflächen hat und diese daher ihre Anziehungskraft auf die leicht beweglichen Suspensionen stärker, d. h. schneller einwirken lassen können als bei einem niederen, weiteren Gefäß, ist klar. Bei den fünf Glasgefäßen (vgl. S. 367) ist das Verhältnis der Höhe zur Querschnittsdimension $H : D$ berechnet; bei Gefäß 6 ist $H : B = 0{,}24$, $H : L = 0{,}14$. Gefäß 1 hat das größte Verhältnis: 7,8; das kleinste hat 6, und dies ist, je nachdem die Breite B oder die Länge L zu H verglichen wird, verschieden. Das gegenseitige Verhältnis der Höhen von 1 und 6 ist $93 : 30 = 3{,}1$, d. h. Gefäß 1 ist 3,1mal höher als Gefäß 6; dagegen liegen die Umfassungswände bei 1 auch nur 12:115 bezw. 12:215, d. i. nur $\frac{1}{10}$ bezw. $\frac{1}{18}$ soweit auseinander als bei 6. Bekanntlich nimmt man an, daß sich die Anziehungskräfte umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen der sich anziehenden Körper verhalten; also muß die Anziehung der Seitenwand in 1 gegen 6 um 100- bezw. 324mal schneller wirken können. Der Augenschein überzeugte auch bereits nach Verfluß einer Stunde von dem Obwalten dieser Unterschiede, wie eingangs erwähnt wurde; in 1. war eine deutliche 2 bis 3 Zentimeter hohe Strecke geklärt, in 6. sah man kaum die oberste Wasserschichte klarer als die unmittelbar darunter befindlichen.

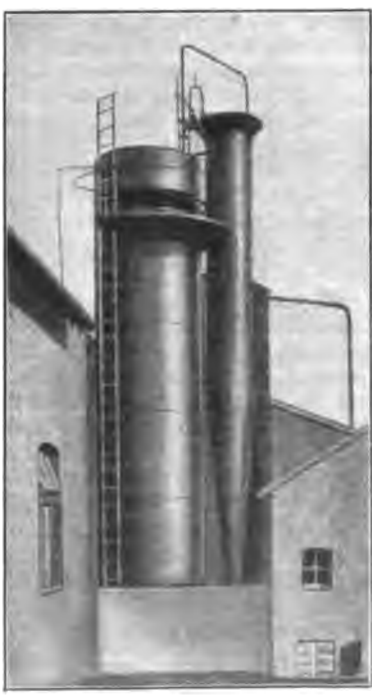


Fig. 535. Wasserreinigungstürme für industrielle Zwecke von Lange & Gehrckens in Altona-Ottensen.

Der praktische Wert der erhaltenen Resultate ist darin zu suchen, daß Reinigungsanlagen mit hohen Gefäßen die Möglichkeit bieten, mittels schwimmfähiger Seiher, die etwa an Metallschläuchen oder an sonst leicht in Stopfbüchsen beweglichen, drehbaren Röhren befestigt sind, an der Oberfläche das geklärte Wasser alsbald entnehmen und aus den Klärbehältern den Speiseapparaten zuführen zu können, also die reinigende Kraft auch der Umfassungswände auszunutzen. In der Tat werden auch fast alle neueren Anlagen nach dem Typus der Fig. 535 in hoher stehender Form gebaut, und die Wasserstationen zur Versorgung der Lokomotiven mit weichem Speisewasser bedienen sich nach Fig. 536 derselben Formen.

Dringend nötig ist es, bei der Ausscheidung feiner suspendierter Stoffe den Inhalt des Reinigungsbehälters vor jeder Erschütterung zu bewahren; jedes Zittern der Wände, jedes Aufrühren des Wassers bringt, wie die Versuche mit Gips lehrten, Trübung des Inhalts mit sich. Schon bei mechanischer Beimengung von Gips in die Klärflüssigkeit kann man die Beobachtung machen, daß eine Berührung oder ein sanftes Neigen des Glasgefäßes Wolkenbildung in der

Flüssigkeit veranlaßt; noch viel mehr dürfte dies bei der chemischen Ausfällung, wo im Augenblick des Entstehens die sich bildenden außerordentlich kleinen Aggregate durch die leiseste Strömung fortgeführt werden können, der Fall sein. Es ist daher zu bezweifeln, ob die kontinuierlich (mit Strömung) wirkenden Reinigungsapparate völlig klares Wasser liefern; es ist vielmehr anzunehmen, daß Wasserreinigungen nur dann, dann aber auch für die größten Betriebe, wirtschaftlich und einfach angelegt werden können, wenn dem natürlichen und dem zusätzlichen, sowie dem chemischen Ausfällungsstoff wenigstens 6 Stunden Zeit zur Ausfällung gelassen und das geklärte Wasser aus den obersten Schichten auf die angegebene Weise entnommen wird. Befolgt man diese Regel nicht, so werden die feinen und feinsten Schwebestoffe, wenn sie nicht nachträglich durch ein entsprechend feines Filter (Filterpresse, Sandfilter etc.) gehen, mit dem Wasserstrome entführt und lagern sich entweder auf den Fabrikationsstoffen oder in den gewerblichen Behältern, die ruhig stehen müssen, ab, oder aber sie gelangen in die Dampfkessel u. s. f., wo sie bei der Verdampfung des sie in der Schwebe haltenden Wassers auf den heißen Metallwänden festbrennen.



Fig. 536. Wasserreinigungs- und Behälterstation für Bahnhöfe von Schumacher in Köln a. Rh.

Im folgenden sind nun die gebräuchlichsten Apparate zur Wasserreinigung besprochen; die zahlreichen in der Industrie verwendeten Einrichtungen weichen nur in unwesentlichen Teilen von den hier vorgeführten ab.

Bei dem in Fig. 537 abgebildeten ältesten Apparat von Howatson wird aus dem oberen Behälter I, dessen Wasserspiegel mittels Schwimmerventils in stets gleicher Höhe erhalten wird, das Rohwasser durch einen Heber *h* entnommen, der es unter der regulierenden Tätigkeit eines weiteren Schwimmerventils in das Gefäß II ablaufen läßt, in welchem es mit den eingebrachten Chemikalien gemischt wird. Aus diesem Mischgefäß läuft das Wasser in einen links sichtbaren Trichter, der es mittels Rohrleitung in das untere mehrfach abgeteilte Hauptgefäß leitet. In der senkrecht nach unten führenden Abteilung führt das absinkende Wasser zunächst die schwereren Ausscheidungen mit, die dann aber beim Umkehren des Flüssigkeitsstroms nach oben und weil in der nebenliegenden großen Kammer die Wassergeschwindigkeit eine bedeutend verringerte ist, zurückbleiben, bezw. aus dem langsam aufsteigenden Strom allmählich zu Boden sinken, wo sie durch die unten angebrachten Ablaßhähne zeitweise entfernt werden können. Der aufsteigende Strom durchfließt auf seinem weiteren Wege nach oben noch ein eingebautes, mit Hobelspänen, Koks oder Kies u. dgl. Material gefülltes Filter *f*, nach dessen Verlassen es als vollkommen gereinigt zur Kesselspeisung bei *a* weitergeleitet wird. In dem oberen Behälter I wird zwecks schnellerer Ausscheidung der Kesselsteinbildner das Wasser durch direkten Dampf, der eingeblasen wird, oder durch Abdampf, der in einem Schlangenrohrsystem zirkuliert, auf mindestens 60° C. vorgewärmt. Auch der untere Behälter kann geheizt werden; jedoch ist eine Abdampfschlange, wenn mit Niederschlägen (Wasserstein) bedeckt, von nicht großer Wirksamkeit.

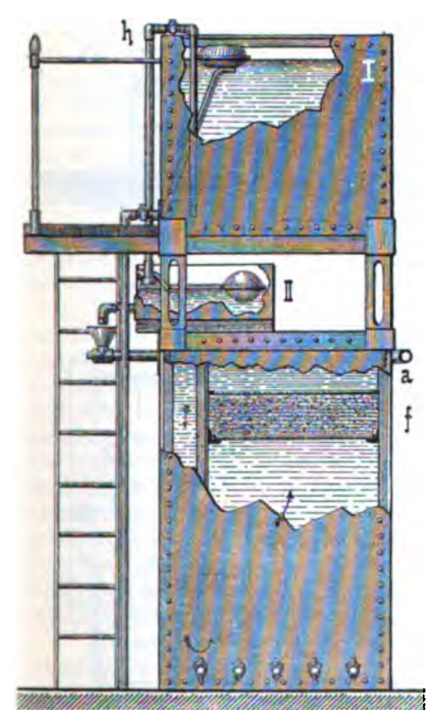


Fig. 537. Wasserreinigungsapparat von Howatson.

Auch die in Fig. 538 dargestellte Wasserreinigung System Humboldt, Kalk, dient zum Weichmachen von Kesselspeisewasser. Aus dem obersten Behälter verteilt sich das Rohwasser in das zunächst darunter befindliche zweiteilige Gefäß, in welches die chemischen Salze, Soda und Kalk gebracht werden, und in das neben diesem gelegene kleine mit *k*, *l* dimensionierte Gefäß, das den Zufluß des Rohwassers und der gesättigten Lösungen durch Regulierung mittels Schwimmerventilen erhält, wie aus dem Grundriß rechts ersichtlich. Hier mischt sich das Rohwasser mit dem chemisch präparierten. In dem großen Ablaufrohr rechts fließt das Gemisch aus

dem kleinen Behälter in den unteren großen, den Klärbehälter, der durch eine Anzahl schief eingebauter, im unteren Teil durchlochter Blechwände abgeteilt ist, zwischen welchen das mit

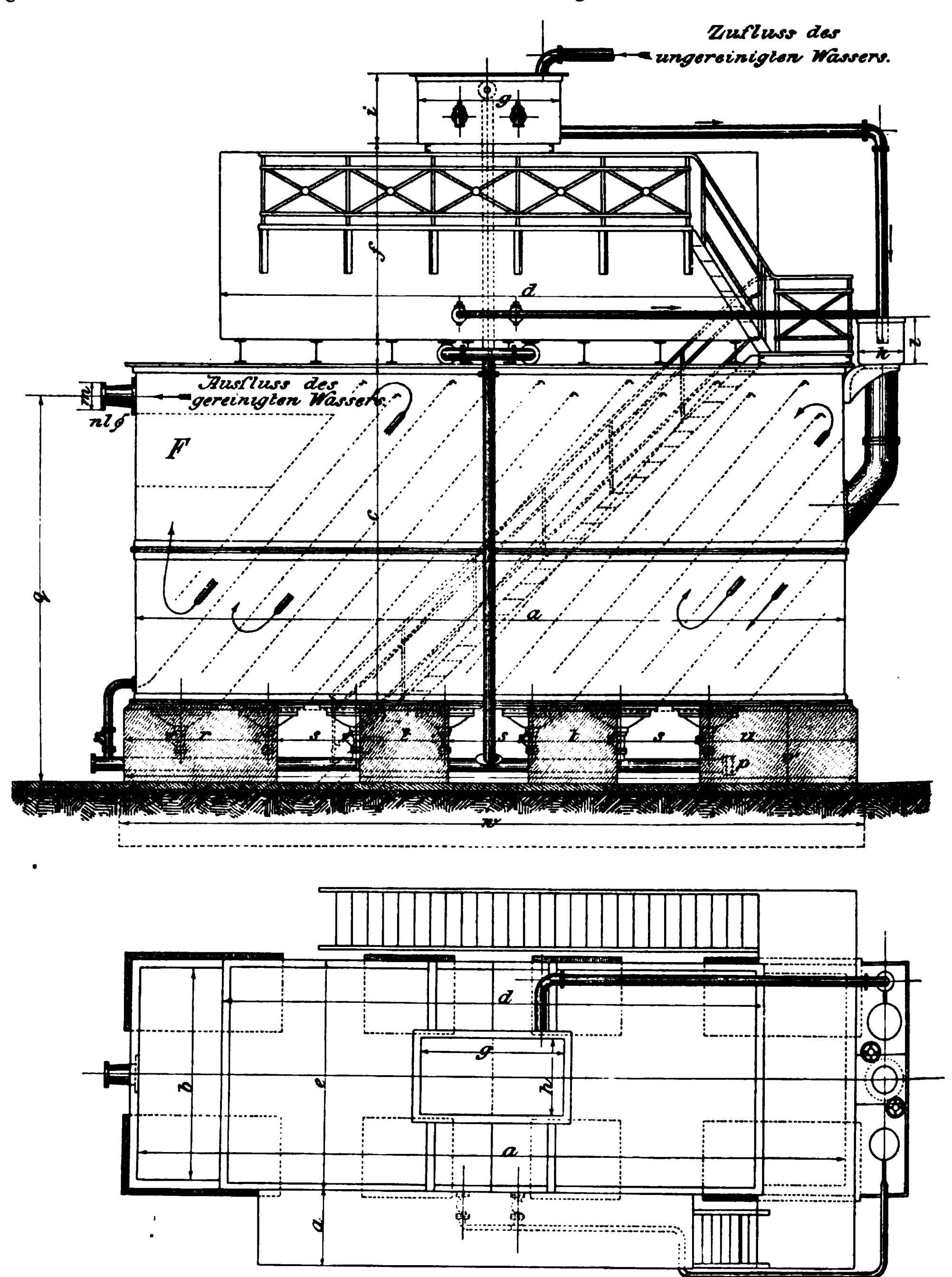


Fig. 538. Wasserreinigung, System Humboldt in Kalk a. Rh.
Die eingeschriebenen Baumaße *a*, *b*, *c*, *d* u. s. f. werden von der Fabrik für jede beliebige Wassermenge besonders bestimmt.

Ausscheidungen beschwerte Wasser abwärts geleitet wird. Die Ausscheidungen sammeln sich zum größten Teil auf den mit Ablaßhähnen versehenen Bodenkappen; das geklärte Wasser strömt in der Pfeilrichtung vor Verlassen des Klärbehälters noch durch ein eingehängtes Filter *F* und verläßt gereinigt am oberen linken Ende bei dem Abzugstutzen *m* den Apparat.

Das für Kesselspeisewasserreinigung dienende Filter von Dervaux (Fig. 539) ist im eigentlichen Sinne kein Filter, denn es fehlt das charakteristische Merkmal: das Filtermaterial; es ist vielmehr ein Misch- und Klärapparat, dessen Wirkung darin besteht, daß die vom Chemiker je nach der Rohwasserbeschaffenheit gewählten Klärmittel (in der Regel Soda und Kalk) in den oberen hierzu bestimmten kleinen Behältern mittels Dampfs oder auch nur durch das zufließende Rohwasser in Lösung gehalten werden; aus diesen leitet man sie durch die entsprechenden Hähne *K*, *V*, *P* (Soda durch Schwimmer *B* mit Überlaufrohr *N*) in ein Mischgefäß *E* zusammen. Der Kalk speziell wird aus dem Kalkgefäß *J* durch den Hahn *K* in einen trichterförmigen Behälter rechts geleitet, den Kalksättiger, in welchem der unlösliche Kalk sich am Boden sammelt und zeitweise durch den Hahn *L* abgelassen wird, während das geklärte und gesättigte Kalkwasser durch die obere gebogene Röhre *U* in das Mischgefäß *E* zu dem aus *P* kommenden Rohwasser und zu der aus *C* durch *B* und *N* fließenden Sodalösung hinzutritt. In dem linken großen Gefäße *D* geht die chemische Wirkung der Klärmittel vor sich; die sich dabei bildenden schwereren Flocken von Gips und Kalk sinken an den schief nach abwärts führenden Blechschirmen nieder, um sich nach dem tiefsten Punkte beim Ablaßhahn *O* zu bewegen. Das spezifisch leichter gewordene gereinigte Wasser steigt zwischen den Schirmen in die zentrale Steigröhre, welche bei *A* und *T* nach der Speisepumpe führt. Für Kesselspeisewasser, welches nur Sodazusatz braucht, wird der Apparat in etwas einfacherer Form (zur direkten Aufstellung auf dem Dampfkesselmauerwerk) angefertigt.

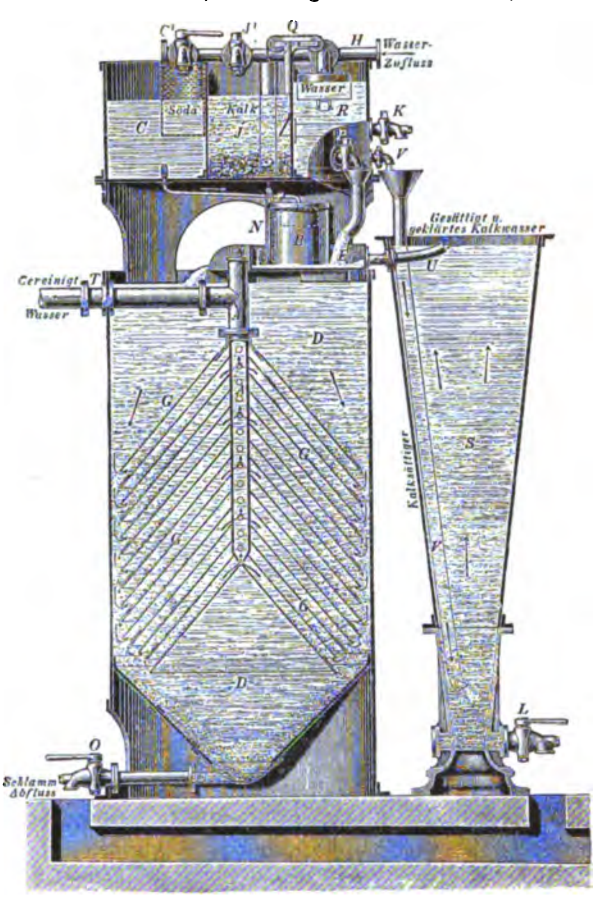


Fig. 539. Wasserreinigungsapparat von Dervaux.

Der in Fig. 540 gezeigte Apparat von L. u. C. Steinmüller, Gummersbach besteht im wesentlichen aus Wasserverteiler *A*, Vorwärmer *B*, Kalksättiger *C*, Behälter für Sodalösung *D*, Klärbehälter *E*. Das Rohwasser fließt an der höchsten Stelle in den Wasserverteiler *A* und wird in dem Verteilungsüberlauf *a* durch stellbare Zungenschieber in drei Ströme *b*, *c* und *d* geteilt. Der Hauptstrom *c* fließt, nachdem er einen Vorwärmer *B* passiert hat, in die Mischschale *e* des Klärbehälters. Der zweite, kleinere Strom *d* fließt durch das Rohr *f* in die untere Spitze des Kalksättigers *C*. Durch die eigenartige Anordnung der Leitung wird mit diesem Wasserstrom fortwährend ein Quantum Luft eingeführt, welches den Zweck hat, den durch den Siebboden *g* eingebrachten und am Boden des Kalksättigers lagernden Kalkbrei energisch aufzurühren, damit er von dem gleichzeitig eintretenden Wasserstrom besser ausgelaugt werden kann. Durch das Rohrstück *h* und das eingeführte Luft- und Wassergemisch wird in dem unteren Teile des Kalksättigers eine Zirkulation erzeugt, die ebenfalls die Auslaugung des Kalks begünstigt.

Da nun aber durch den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft ein großer Teil des Ätzkalks für die Zwecke der Wasserreinigung unbrauchbar gemacht wird, so müßte bei andauernder Zuführung von frischer Luft die Kalkmenge oft erneuert werden, wodurch die Kosten der Wasserreinigung naturgemäß steigen und Schwankungen im Kalkwasser eintreten würden. Der Apparat, der kohlensäurefreie Luft verwendet, arbeitet daher billiger als ein solcher, bei dem dies nicht der Fall ist, und exakter, weil das Kalkwasser immer gleichmäßig gesättigt ist. Dieser für einen billigen Betrieb sehr wichtige Punkt hat bei der gezeigten Konstruktion volle Berücksichtigung gefunden; die einmal durch den Kalk gedrückte und durch Berührung mit diesem kohlensäurefrei gemachte Luft entweicht nicht, sondern wird durch die Schirme *i* und *k* aufgefangen, sammelt sich in der Glocke *l* und wird durch den Rohrstrang *m* immer wieder von

neuem dem Kalkbrei zugeführt. Auf diese sehr einfache Weise stellt sich der Wasserreiniger die nötige kohlensäurefreie Luft selbst her und sichert dadurch einen sparsameren Betrieb.

Das gesättigte und klare Kalkwasser strömt durch das Rohr *n* ebenfalls in die Mischschale *e*. Der dritte, kleinere Strom *b* fließt in eine Kippschale *o*, die einen Meßbecher *p* zum Zwecke der Zuführung der Sodalösung betätigt, welche für mehrere Tage ausreichend in dem Behälter *D* angerührt wird und in Verbindung mit dem Meßbecher *p* steht. — Durch diese Verteilungsvorrichtung werden die Chemikalienzuflüsse derart zugemessen, daß sie stets proportional dem gesamten Wasserstrom sind, einerlei, ob dem Apparat mehr oder weniger Wasser zugeführt wird. Die aus dem Meßbecher *p* fließende Sodalösung strömt nun gleichfalls in die Mischschale *e*. In letzterer wird das Rohwasser mit den Chemikalien gründlich gemischt, worauf der Kesselstein etc. in großen Flocken sich ausscheidet. — Das nun schlammige und trübe Wasser wird in tangentialer Richtung in den inneren Hohlkonus des Klärbehälters *E* eingeführt und durchfließt denselben auf schneckenförmigem Wege, wodurch der ganze Inhalt des Behälters in langsam rotierende Bewegung gerät. Da rotierende Flüssigkeiten wegen der Zentrifugalkraft des Schlammes sich schneller klären als in gerader Richtung fließende, übt die Rotation einen günstigen Einfluß auf das Absetzen des Schlammes aus; auch verteilt sich infolgedessen der Gesamtwasserstrom auf den ganzen Querschnitt des Klärbehälters. Durch die eigenartige innere Form des letzteren wird die Geschwindigkeit der durchfließenden Wassermenge vom Einlauf zum Ablauf hin stets geringer, und da alle Umkehrkanten und sonstigen Widerstände vermieden sind, haben selbst die feinsten Schlammteile Zeit und Ruhe, sich vollständig abzulagern. Das schlammfreie Wasser verläßt den Apparat bei *q*.

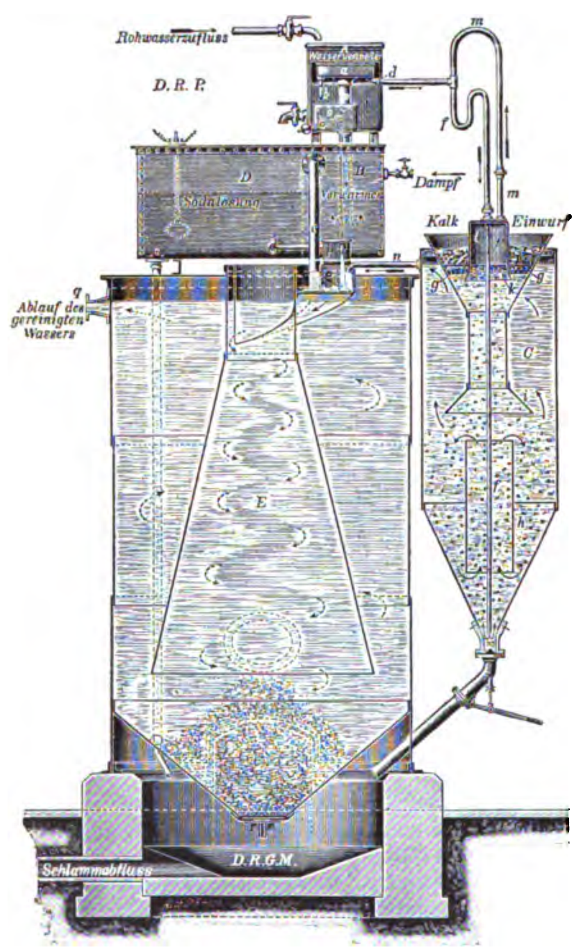


Fig. 540. Wasserreinigungsapparat von L. u. C. Steinmüller in Gummersbach.

Wenn das zu reinigende Wasser eine große Menge organischer Substanzen enthält, die erfahrungsgemäß das Absetzen der feinsten Schlammteilchen verhindern, ist eine Filtration durch ein auswaschbares Quarzsandfilter erforderlich, welches dann in einfacher Weise mit dem Wasserreiniger kombiniert wird. Für Speisewässer, welche nur Sodazusatz bedürfen, wird der Kalksättiger *C* weggelassen.

Ein beachtenswerter Unterschied ist in der Wasserführung der beiden Konstruktionen Fig. 539 und 540 zu ersehen. Dort sammelt sich das geklärte Wasser in einer engen zentralen Röhre und führt jedenfalls noch nicht abgesetzte Schlammpartikel mit fort; hier ist ihm der größtmögliche Querschnitt, daher die geringste Geschwindigkeit geboten, so daß etwa noch enthaltene Suspensionen ausfallen können, bevor der Apparat verlassen wird. Tabelle der Leistungen und Hauptmaße der Apparate nach Fig. 539 und 540.

Leistung in Kubikmetern in 12 Stunden	6	12	20	40	60	80	100	200	300	400	500	600	750	1000	1500
Gesamthöhe m	3,70	4,05	4,25	5,20	5,95	7,20	6,85	9,35	11,85	11,80	11,60	11,30	13,30	14,75	17,50
Durchmesser des Behälters m	1,00	1.20	1,50	1.80	2.00	2,00	2,50	2.80	2,90	3,50	4,00	4,50	4,50	5,00	5,50

Die Bedienungsgalerien sind rings um die Apparate angebracht, so daß der Reiniger und alle Hauptteile mittels Treppen zugänglich sind.

In Fig. 541 ist ein Apparat dargestellt, der nach Theisens Patenten die Ausscheidung der mittels Fällmittel niedergeschlagenen Kalksalze auf spiralförmig mit Rippen oder Drahtzügen umwundenen geheizten Fallröhren bewerkstelligen soll. Die Einführung des Rohwassers erfolgt am oberen rechts gezeichneten Rohrstutzen in einen runden Behälter, welcher im Inneren eine rotierende senkrechte Welle mit schief aufwärts gerichteten Rührflügeln enthält. Der Antrieb dieser Rührwelle wird mittels Riemens unterhalb des Apparats bewirkt; die Riemscheibe mit einem Stück der Welle und dem Spurlager ist unten in der Figur ersichtlich. Die Rührflügel haben den Zweck, die zu klärende Flüssigkeit innig mit den Klärmitteln zu mischen und beide mittels der erteilten zentrifugalen Bewegung an den Umfang des Behälters zu treiben, wo sie durch die etwas über dem ruhigen Wasserspiegel des Behälters innen vorstehenden Überläufe auf die Spiralrohre geleitet werden, an deren reichlichen Oberflächen sich im langsamen Abwärtsfließen die Ausscheidungen ablagern bezw. festbrennen. Die Spiralröhren können mit reinem Dampf geheizt werden, dessen Kondensat sich unten mit dem geklärten Wasser in einem Ringtrog sammelt; von dort wird es durch den unten links von der Mitte ersichtlichen Stutzen dem unter den Apparat zu liegen kommenden Speisewasserbehälter zugeleitet. Der Niederschlag an den Spiralröhren wird von Zeit zu Zeit abgeklopft oder bei den Drahtspiralen durch Zusammenschieben losgesprengt.



Fig. 541. Speisewasserreiniger Theisen.

Für den gleichen Zweck wird nach Fig. 542 von den Economiserwerken in Düsseldorf-Grafenberg ein auf Rädern stehender Wasservorwärmer angefertigt, dessen innere Rippenrohrheizkörper auf Rollen zum Herausziehen aus dem zylindrischen Behälter angeordnet sind. Der Dampf tritt bei dem Stutzen *c* ein und bei *d* aus, das Wasser bei *a* ein und bei *b* aus. Nach Ablagerung von genügend starkem Kesselstein auf den Rippenheizkörpern werden diese aus dem Inneren des Rohrvorwärmers herausgezogen, der Kesselstein abgeklopft, das Rohrinnere ebenfalls gereinigt und der Apparat wieder zusammengebracht.

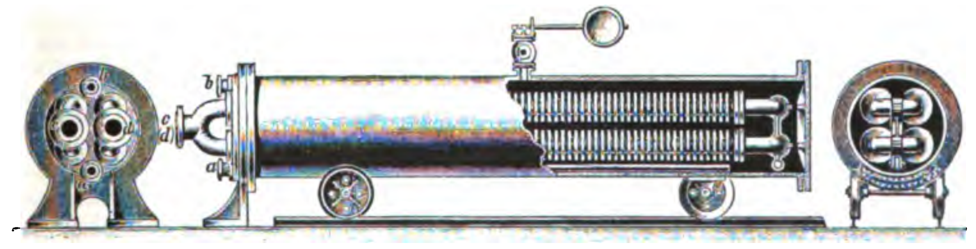


Fig. 542. Wasservorwärmer der Economiserwerke Düsseldorf-Grafenberg.

Über Wasserreinigung für Kesselspeisung findet sich Näheres in [69], [70], [82], [104], [171], [172], [190].

Deutsche Reichspatente auf Reinigungsapparate für Kesselspeisewasser sind enthalten in den Nummern: 58 676, 61 025, 61 029, 66 034, 72 007, 72 052, 82 030, 84 660, 105 849, 134 770, 137 271, 137 426, 140 990, 146 404, 158 326, 159 378, 160 131, 160 683, 161 742, 162 861, 167 796, 172 761.

Deutsche Reichspatente auf Apparate für Destillierung sind enthalten in den Nummern: 71 399, 79 092, 82 082, 117 271, 134 523, 172 596, 182 555.

Wasserreinigung nach dem Barytverfahren. Reisert, Köln a. Rh., hat in neuerer Zeit (1905) ein patentiertes Reinigungsverfahren eingeführt, das nicht mehr mit Soda oder mit Kalk und Soda operiert, sondern mit kohlensaurem Baryt*), ein dem Schwerspat ähnliches Mineral, das in England gewonnen wird. Die Vorteile dieses neuen Verfahrens sollen darin liegen, daß die steinbildenden Salze des Rohwassers nicht erst in lösliche Salze, wie Soda und Glaubersalz, umgesetzt werden, die sich durch Verdampfung in den Kesseln konzentrieren und als Schwitzwasser austretend die früher erwähnten Inkrustationen an den Armaturteilen ansetzen; vielmehr setzen sich genannte Salze im gelösten Zustande mit dem kohlensauren Baryt, der für sich selbst im Wasser unlöslich ist, zu unlöslichen, also ausfallenden Salzen um, die dann als Schlamm ausgeschieden werden, wie der Kalk bei dem Sodaverfahren. Es wird nämlich sowohl die freie als auch die gebundene Schwefelsäure vom kohlensauren Baryt aufgenommen, und daher Gips und schwefelsaure Magnesia, die gefährlichsten Kesselsteinbildner, in einfachkohlensauren Kalk und schwefelsauren Baryt (Schwerspat) bezw. kohlensaure Magnesia und Schwerspat umgewandelt, die alle unlöslich sind und ausfallen. Nur wenn das Rohwasser auch doppeltkohlensauren Kalk (in Lösung) enthält, muß Ätzkalk mit angewendet werden, wobei die Reaktion nach Nr. 1 der S. 355 angeführten Fälle vor sich geht. Dem neuen Verfahren wird nachgerühmt, daß der kohlensaure Baryt nicht dosiert zu werden braucht, sondern daß man ihn für eine längere Betriebszeit auf einmal in den Wasserreiniger einschütten darf, da mehr kohlensaurer Baryt, als zur Beseitigung der im Rohwasser enthaltenen Schwefelsäure notwendig ist, nicht verbraucht werden kann, weil er im Wasser unlöslich ist. Der kohlensaure Baryt ist im Handel zirka 20 Prozent billiger als Soda (kaustische Soda, Ätznatron). Es steht demnach der Einführung dieses neuen Verfahrens nicht nur pekuniär kein Hindernis entgegen, sondern es dürften damit auch die bekannten Übel des Sodaverfahrens verschwinden. Außer dem mehrerwähnten Inkrustieren der Armaturen durch die konzentrierten Lösungen der Sodasalze ist namentlich das Schäumen der Kessel eine sehr unliebsame Begleiterscheinung des Sodaverfahrens, das unter anderem bei den Lokomotiven das lästige „Spucken" veranlaßt, ein Mitreißen von erdigem Schaum aus dem Dampfkessel der Lokomotive, der durch Schieberkasten und Zylinder hindurch in das Blaserohr des Schornsteins gerät und als weißer Gischt ausgeworfen wird. Daß er auf seinem Wege alles Angreifbare verletzen muß, ist begreiflich, und es ist für die Lokomotiven, die auf reines Wasser schon wegen ihrer engen Röhrenkessel streng angewiesen sind, äußerst wichtig, ein Wasserreinigungsverfahren anzuwenden, das die Betriebssicherheit erhöht.

Entfettung des Kondensationswassers. Unter den angebotenen Speisewasserreinigern werden in neuerer Zeit auch solche Apparate gefunden, welche angeblich durch Entfettung des Kondensationsabwassers, das ist des zum Niederschlagen des Abdampfes von Dampfmaschinen benutzten Wassers oder gar durch Entfettung des aus dem Abdampfe selbst in Oberflächenkondensatoren wiedergewonnenen Kondensates, die noch innewohnende Wärme und die Weichheit nutzbar machen sollen, indem das entfettete Wasser wieder zum Kesselspeisen verwendet wird.

Von der Benutzung solcher Apparate zu gedachtem Zwecke ist jedoch dringend zu widerraten, da es ohne komplizierte chemische Operationen schwer gelingt, das diesem Wasser von den beigebrachten Schmiermitteln im Dampf herrührende, innig beigemischte Fett und Öl, das überdies eine gewisse Verseifung mit den Salzen immer eingeht, ganz zu entfernen; und wenn nicht gänzlich fettfreies Speisewasser zur Kesselreinigung benutzt wird, so bildet sich durch das Anhaften der schmierig fettigen Substanzen am Kesselblech eine Isolationsschicht, welche erstens die durchtretende Wärmemenge des Feuers aufhält (Wärmestauung) und zweitens die Abkühlung durch frisches Kesselwasser infolge Hängenbleibens der Dampfblasen an den fettigen Stellen hindert (Dampfpelze), so daß ein gefährliches Erglühen der Kesselwandungen eintreten kann, das an verschiedenen Orten schon zu Explosionen geführt hat. (Über Einbeulungen von Flammrohren durch ölhaltiges Speisewasser s. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ingen. 1906, S. 1779 und 1907, S. 1641.)

Es sei in Hinsicht auf die Umständlichkeit und auf den Mißerfolg mit den Entfettungsapparaten auf die Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1906, S. 1742 f. verwiesen. — In England werden

*) Erwähnt wurde dieses Verfahren schon 1859 von E. Wurtz in Dingl. Polyt. Journ. Bd. 152, S. 315; 1862 von E. Brescius, ebenda Bd. 165, S. 128; 1890 von E. Asselin in Mémoires de la soc. des ingénieurs civils Bd. 2, S. 558 und 1899 von J. König, Die Verunreinigung der Gewässer, S. 208.

allerdings in neuerer Zeit Einrichtungen dieser Art angewendet, aber nur für den wenig Fett enthaltenden Abdampf von Dampfturbinen; vgl. Engineering 1906, S. 834.

Befreiung des Wassers von Algen. In Amerika hat man [107] versucht, Algen, die dem Wasser eine blaugrüne Farbe und einen unangenehmen Fischgeruch erteilen, mit Kupfervitriol zu vernichten, da einerseits die bekannteren Mittel: Chlor und schweflige Säure, wohl dem Pflanzenleben, aber auch dem tierischen Leben schaden, Silbersalze zu teuer sind und Zinksalze in zu großer Menge hätten verwendet werden müssen. Das Wasser des zu den Versuchen genommenen Behälters von 11200 Kubikmeter Inhalt enthielt pro Kubikzentimeter 7000 Algen und wurde mit einer verdünnten Lösung von 1 : 4 000 000 Kupfervitriol behandelt. Kupfervitriol ist bekanntlich schwefelsaures Kupferoxyd, ein giftiges, in schönen blauen Kristallen aus einer lasurblauen Flüssigkeit sich beim Stehen ausscheidendes Salz, welches man erhält, wenn man Kupfer mit konzentrierter Schwefelsäure kocht. Die Kristalle lösen sich in ungefähr 3½ Teilen kaltem, oder 1 Teil siedendem Wasser, schmecken widerlich metallisch und zusammenziehend. Bei obigem Versuch wirkte die so sehr verdünnte Kupfervitriollösung schon in wenigen Stunden desinfizierend, indem der üble Fischgeruch des rohen Wassers verschwand; nach 24 Stunden begann dann die blaugrüne Färbung des Wassers nachzulassen, nach weiteren 24 Stunden war die Oberfläche klar und nach abermals 3 Tagen war das Wasser rein und genießbar. Wenige Stunden sollen genügt haben, um das Kupfervitriol bis auf die letzten Spuren aufzubrauchen, so daß es durch chemische Analyse in dem Wasser nicht mehr nachzuweisen war. In der Zeit von zusammen etwa 6 Tagen hatte die chemische Einwirkung des giftigen Salzes auf die Algen deren Lebenstätigkeit vernichtet. Es ist selbstverständlich, daß Manipulationen mit Giftpräparaten bei Gebrauchswässern und Trinkwasser nur mit größter Vorsicht vorgenommen werden dürfen, und vor allem — wenigstens in Deutschland — der behördlichen Genehmigung unterliegen.

Neuere Versuche (1907) über die sogenannte „Schnellfiltration“ mittels schwefelsaurer Tonerde (Alaun) sind in [186] aufgeführt. Wir haben bereits in Abt. I, S. 414 dieses Verfahren unter „Entfärbung“ erwähnt. Die gegenwärtig in größerem Maßstabe besonders in Amerika betriebene Methode wird deshalb empfohlen, weil mit ihr die aus dem gefällten schwefelsauren Kalk (Gips) und Tonerdehydrat gebildeten Flocken mit den Suspensionen und Organismen des Rohwassers rasch zu Boden sinken und angeblich auf dem Sandfilter die eigentlich filtrierende Decke schneller herzustellen vermögen, als es bei gewöhnlichen Sandfiltern der Fall ist. Vgl. auch [18], [23], [24], [28], [34], [35], [44], [45], [55], [59], [64], [85], [91], [108], [114], [123], [125], [129], [130], [133], [141], [142], [145], [147], [151], [157], [164], [165], [173], [174], [178], [185] und die Patente S. 381 f.

Ozonisieren von Grundwasser. Ein erst in neuester Zeit mit der Entwicklung der Elektrotechnik entstandenes Verfahren zur Reinigung des Wassers von organischer Substanz, besonders zur Vernichtung der pathogenen Keime (Typhus-, Cholera-, Ruhr- und anderer Bazillen) wird mittels Durchlüftens des Wassers mit Ozon ausgeführt [25], [31], [32], [41], [46], [53], [66], [72], [80], [102], [119], [121], [126], [150], [182]. Ozon ist eine Modifikation des Sauerstoffs; die Chemiker nehmen an, daß in einem Ozonmolekül 3 Atome Sauerstoff miteinander verbunden sind, während in einem gewöhnlichen Sauerstoffmolekül nur 2 derselben in Verbindung treten. Das dritte Sauerstoffatom des Ozons aber ist verhältnismäßig schwach gebunden und trennt sich daher leicht von dem Molekül, so daß Ozon infolgedessen starke oxydierende Wirkung besitzt. Immer wenn eine elektrische Entladung, sei es ein Funke oder ein Glimmen, durch die Luft oder durch Sauerstoff geht, bildet sich Ozon, welches an seinem eigentümlichen, etwas knoblauchartigen Geruch, z. B. nach Gewittern, leicht erkannt wird.

Einen Apparat, um Ozon in verhältnismäßig großen Mengen zu erzeugen, hat Siemens bereits 1857 unter dem Namen Ozonröhre konstruiert. Dieselbe bestand aus zwei ineinander gestellten Glasröhren; die innere war oben zugeschmolzen, die äußere hatte oben die Luftzuführung und unten die Luftabführung angeschmolzen. Die innere Glasröhre hatte innen einen Stanniolbelag (feines Zinnblatt), die äußere Röhre außen. Wurden nun diese beiden Stanniolbeläge durch rasch wechselnde Ströme von hoher Spannung mittels Influenzmaschinen (Elektrisiermaschinen) geladen, so wurde in der durch die äußere Glasröhre strömenden Luft, die mittels Gebläses erzeugt wurde, Ozon gewonnen. Dabei fanden keine Funkenentladungen statt, denn es hatte sich gezeigt, daß Ozon in größerer Menge ebensowohl auftrat, wenn nur dunkle Entladungen durch die Luft hindurchgehen, als wenn wirkliche Funken durch sie hindurchschlagen. Solche Ozonröhren sollen sich sehr gut bewährt haben, so daß heute noch von Siemens & Halske in Berlin die Ozonerzeugung auf diesem Wege ausgeführt wird. Nur werden an die beiden Glasröhren nicht mehr die leitenden Beläge aufgeklebt, sondern es wird die äußere Röhre in Wasser gestellt und die innere Röhre ist mit Wasser gefüllt, so daß das Wasser selbst die Belegungen bildet.

Einen derartigen Ozonerzeuger für das Wasserwerk Paderborn stellt Fig. 543 dar, entsprechend einer Beschreibung in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1904, S. 69. Danach sind in einem abgesonderten Raume 9 Ozonerzeuger aufgestellt, die je aus einem gußeisernen Kasten mit 3 überein-

ander liegenden Abteilungen bestehen. Der unterste Raum dient zur Aufnahme und Verteilung der Luft, der oberste zum Sammeln der Ozonluft, während der mittlere Raum mit Wasser gefüllt ist: Die beiden äußeren Räume stehen miteinander durch Glasröhren in Verbindung, die durch Stopfbüchsen sorgfältig gegen den mittleren Raum abgedichtet sind. In diese Glasröhren (die äußeren der ursprünglich Siemensschen) hinein ragen zylindrische Metallkörper (die inneren Siemensschen Glasröhren), die den einen Pol der Hochspannungsleitung bilden, während die Glasröhren und die sie umgebende Kühlwassermenge, sowie der eiserne Kasten mit dem zweiten Pol verbunden sind. Die Entladung geht zwischen den zylindrischen Körpern und den Glasröhren vor sich. Ein solcher Ozonerzeuger arbeitet mit einer Betriebsspannung von rund 8000 Volt, erfordert zu seinem Betriebe 1 Pferdestärke und liefert, je nachdem die Luft mehr oder weniger vorgetrocknet ist, 13,5 bis 27 Gramm Ozon in der Stunde, womit bei 24stündigem Betrieb 240 bis 480 Kubikmeter Wasser keimfrei gemacht werden können.

Die Ozonluft wird mittels Ventilatoren aus den Ozonerzeugern fortgeblasen und mischt sich mit dem zu entkeimenden Wasser in einem sogenannten Sterilisationsturm, in welchem es über Kiesschichten nach unten rieselt, dem Ozonluftstrom entgegen.

Über ausgeführte Ozonisierungsanlagen sind bisher nur wenige Mitteilungen veröffentlicht. Nach den langjährigen Versuchen, die von Siemens & Halske in Berlin veranstaltet wurden, ist im August 1902 das erste Ozonwasserwerk in Schierstein bei Wiesbaden in Betrieb genommen worden [66], um das von einem toten Arm des Rheins bei Schierstein durch Brunnen entnommene Wasser für Trinkzwecke in Wiesbaden verwendbar zu machen. Die Anlage zur Ozonisierung ist für eine Normalleistung von 125 Kubikmeter in der Stunde bestimmt, die aber auf das Doppelte gesteigert werden kann. Es sind zwei selbständig arbeitende Betriebe mit je einer Krafterzeugungs- und einer Wasserreinigungsanlage vorhanden, deren einer gewöhnlich nur zur Reserve dient. Je eine 60pferdige Wolfsche Lokomobile treibt eine Gleichstrom- und eine Wechselstromdynamo. Der Gleichstrom wird zum Betriebe einer Kreiselpumpe von 125 Kubikmeter-Stunde Leistung für die Hebung des zu reinigenden Wassers auf die Sterilisationstürme, eines Gebläses mittels Ventilators für die Förderung von Luft durch die Ozonerzeuger nach den Türmen und zur Erzeugung von elektrischem Licht verwendet, während die Wechselstromdynamos nur Strom für die Ozonerzeuger liefern. Der Wechselstrom von 180 Volt Spannung wird für jede Gruppe in drei Transformatoren auf 8000 Volt erhöht und speist in jeder Gruppe 24 Ozonerzeuger. Diese sind nach Fig. 543 mit Spiegelglasscheiben ausgelegt, durch welche das blaue Leuchten bei der elektrischen Entladung in dem gewöhnlich dunkel gehaltenen umgebenden Raume beobachtet werden kann. Mittels des Gebläses wird Luft nacheinander durch die 24 Ozonerzeuger einer Gruppe gedrückt und gelangt hiernach als Ozonluft in die Sterilisationstürme, von denen für jede Gruppe 4 vorgesehen sind, 3 im Betrieb, 1 in Reserve. Die Türme sind aus Zementbeton hergestellt, rund 4 Meter hoch und enthalten je 4 Kammern, die mit einer 2 Meter starken Schicht von grobem Kies gefüllt sind. Das zu reinigende Wasser strömt aus einem über den Türmen gelegenen Behälter in feiner Verteilung durch die Kiesschicht der einzelnen Kammern, während die Ozonluft unter geringem Überdruck jeder Kammer durch eine besondere Leitung zugeführt wird. Auf jeden der drei im Betrieb befindlichen Sterilisationstürme arbeitet eine Gruppe von 8 Ozonerzeugern, zusammen 24, die stündlich rund 2 Kubikmeter Ozonluft herstellen, womit 10 Kubikmeter Wasser keimfrei gemacht werden. Die unverbrauchte Ozonluft strömt wieder zu den Ozonerzeugern zurück, während das gereinigte Wasser aus den Türmen durch ein gemeinsames Abflußrohr in einen Sammelbehälter und von hier in die Verbrauchsleitung gelangt.

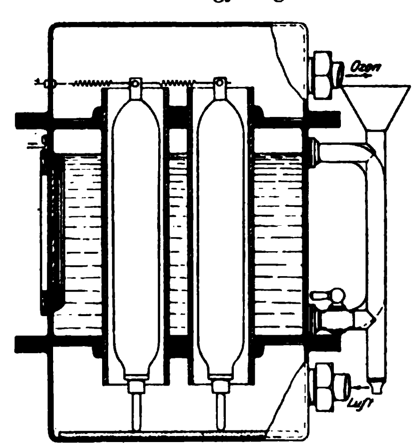


Fig. 543. Ozonerzeuger für das Wasserwerk Paderborn.

Bei den Versuchen, die das Königliche Institut für Infektionskrankheiten während eines Probebetriebs im Schiersteiner Wasserwerk angestellt hat, wurden choleraähnliche Vibrionen und typhusähnliche Coliarten, welche an Widerstandsfähigkeit gegen Desinfektionsmittel den vom obigen Institut in Martinikenfelde bei Berlin angewandten Bakterien pathogener Art (Cholera, Typhus, Ruhr) als gleichartig angesehen werden müssen, vollständig getötet. Gewöhnliche Wasserbakterien wurden bis auf einige harmlose ebenfalls vernichtet. Nach [119] wurde das Wiesbadener Werk wieder aufgelassen, weil sich bei Einführung des Ozons Eisentrübungen im Wasser einstellten.

Fast zur gleichen Zeit mit dem Schiersteiner Wasserwerk wurde das O z o n w a s s e r w e r k i n P a d e r b o r n [119] errichtet für eine Wassermenge von 60 bis 80 Kubikmeter pro Stunde.

Dieses wird mittels Gasmotors betrieben und hat nur 2 Rieseltürme, durch welche in der Stunde 60 bis 80 Kubikmeter Wasser und 120 bis 160 Kubikmeter Ozonluft gehen. An die Türme schließen sich Überfälle, durch welche das abfließende Wasser von dem etwa noch gelösten Ozon befreit wird.

Des weiteren wurde im Schulenseer Wasserwerk eine Versuchsanlage für Ozonisierung des Seewassers im Auftrage des städtischen Wasserwerks in Kiel von der Firma Siemens & Halske errichtet, die ähnlich wie in Wiesbaden nur als Aushilfe neben der vorhandenen Grundwasserversorgung in den heißen Monaten dienen soll.

Für militärische Zwecke baut dieselbe Firma fahrbare Ozonanlagen für eine stündliche Leistung von 3 Kubikmeter, ausreichend für 3 kriegsstarke Bataillone bei 1 Liter stündlichem Wasserverbrauch pro Mann. Bei Wässern, die stark durch Schwebestoffe verunreinigt sind, werden außerdem noch Schnellfilter angewendet, die auf einem Anhängewagen stehen und zwischen Pumpe und Sterilisationsturm eingeschaltet werden. Die ganze, einem kleinen Wasserwerke ähnliche Einrichtung wiegt nur 1000 Kilogramm.

In Holland arbeiten zwei Anlagen nach dem Verfahren von Vosmaer-Lebret (s. Zeitschr. f. Elektrochemie 1902, S. 504) in Schiedam und in Nieuversluis unter Anwendung von 110 Volt starkem Wechselstrom, der auf 10 000 Volt transformiert wird. Der Energieverbrauch des Apparats, der in ähnlicher Weise wie der Siemenssche durch dunkle Entladungen in einer großen Anzahl von Metallröhren wirkt, beträgt für rund 25 Kubikmeter gereinigtes Wasser in der Stunde 2500 Watt = rd. 3,5 Pferdestärken (1 Pferdestärke = 736 Watt). Die zu ozonisierende Luft wird, nachdem sie mit Chlorkalzium getrocknet ist, durch den Ozonapparat mit einer Geschwindigkeit entsprechend 40 Liter pro Minute geleitet. Die Ozonluft wird darauf durch eine Pumpe unter den Entkeimer geführt, aus dem sie oben entweicht. In dem Wasserwerke zu Nieuversluis wird Oberflächenwasser von sehr schlechter Beschaffenheit, das den Poldern entnommen wird, gereinigt, nachdem es in einem Kröhnkeschen Schnellfilter von den gröbsten Teilen befreit wurde. Eine Umlaufpumpe führt das Wasser dem Entkeimer von oben zu.

Die Ozonbehandlung kostet durchschnittlich etwa ebensoviel wie die Sandfiltration (nach [119] 3 Pfennig pro Kubikmeter mit Vorreinigung). Es wird sich möglicherweise diese neue Wasserreinigungsmethode überall dort Eingang verschaffen, wo man bei Filteranlagen, Quellen etc. mit plötzlich auftretender stärkerer Infektion des Rohwassers zu rechnen hat, ferner wo organische Eisenverbindungen aus dem Wasser entfernt werden sollen, die durch gewöhnliches Lüften nicht ausgefällt werden können oder wo organische Bestandteile zu beseitigen sind, die den Geruch und den Geschmack des Wassers beeinträchtigen. Den Erfahrungen, welche in den oben genannten Wasserwerken nach mehrjährigen Betrieben gemacht werden dürften, ist jedenfalls mit Interesse entgegenzusehen.

Deutsche Reichspatente auf Ozonisierung sind erteilt mit den Nummern: 124 238, 127 836, 134 525, 134 770, 146 403, 146 997, 148 193, 151 673, 156 983, 158 326, 158 603, 158 885, 166 625, 168 493, 170 459.

Literatur
über Filtereinrichtungen.

[1] Bischof, G., Eisenschwamm als Filtermaterial. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 17 (1874), S. 27. — [2] Lang, C., Wasserfilter auf der Ausstellung in Paris 1878. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 22 (1879), S. 233. — [3] Grahn, E., Eisen als Material zur Wasserfiltration. Ebenda S. 625. — [4] Self cleonsing high pressure filter. Engineering. July 1881, S. 7. — [5] Farquharfilter. Maschinenbauer. 1881, S. 325. — [6] Barnes, P., On the filtration of water for industrial purposes. Journ. of Frankl. Inst. 1882, S. 285. — [7] Filtration durch Eisenschwamm und die Wasserversorgung von Antwerpen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 26 (1883), S. 93. — [8] Die Schnellfiltration System Piefke. Ebenda S. 160. — [9] Breyer, Die Mikromembranfilter. Wien 1884. — [10] Krüger, R., Die Filter für Haus und Gewerbe. Wien 1886. — [11] Handbuch der Architektur. Teil III, Bd. 4, D: Die Wasserversorgung der Gebäude. Darmstadt 1889. — [12] Oesten, Ausscheidung des Eisens aus eisenhaltigem Grundwasser. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1890, S. 1343. — [13] Berkefeldsches Diatomeenfilter. Deutsche Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1892, S. 50. — [14] Zirkulationswasserfilter von Morris. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 45. — [15] Pukall, Berichte der deutschen chem. Gesellsch. Bd. 26 (1893), S. 1159. — [16] Wasserabkochapparat Henneberg. Badische Gewerbeztg. 1893, S. 604. — [17] Traube, M., Sterilisierung von Wasser. Bayerisches Industr. u. Gewerbebl. 1894, S. 105. — [18] Lange, W., Neuere Sterilisierapparate. Deutsche Bauztg. 1894, S. 370. — [19] Jolie, Über die Leistungsfähigkeit der Kieselgurfilter. Zeitschr. f. Hygiene 1894, S. 517. — [20] Guichard, P., L'eau dans l'industrie. Puri-

fication, filtration, stérilisation. Paris 1894. — [21] Gruber, M., Gesichtspunkte für Prüfung und Beurteilung von Hauswasserfiltern. Zentralbl. f. Bakteriologie. 1893, S. 488; 1894, S. 488. — [22] Fischer Peters, Plattenfilter. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 325. — [23] Bordos, F. und Girard Ch., Wasserreinigung mittels Calciumpermanganats. Bericht d. deutschen chem. Gesellsch. 1895, S. 319. — [24] Atkins, W. G., The modern system of water purification. London 1895. — [25] van Ermenghem, De la stérilisation des eaux par l'ozone. Ann. de l'Institut Pasteur. 1895, S. 673. — [26] Cotrell, E. P., The purification of drinking water. Engineering. Bd. 66 (1898), S. 1704. — [27] Archbutt, Water softening and purification by the Archbutt-Deeley process. Proc. Inst. Mech. Ing. 1898, S. 404. — [28] Aluminium water sterilisier. Engin. Februar 1899, S. 147. — [29] Hausfilter mit selbsttätiger Reinigung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 381. — [30] Hausfilter mit selbsttätiger Reinigung. Weir filter Co. Eng. News. 2. März 1899. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 381. — [31] Andreoli, Die Sterilisation des Wassers durch Ozon. Eng. Min. Journ. 1899, S. 706. — [32] Soper, The purification of drinking water by use of ozone. Eng. Rec. 1899, S. 250. — [33] Malinéjak, Wirkung der Holzkohle auf die organischen Stoffe des Wassers. Journ. de Pharmac. et de Chim. Bd. 12 (1900), S. 5 ff. — [34] Jolles, A., Neuartige Filter und deren Darstellung. Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 666. — [35] Gerhard, W. P., Amerikanische Filter und Filtermethoden, insbesondere die Schnellwasserfilter. Gesundh.-Ingen. 1900, S. 305, 341. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 859; 1901, S. 15. — [36] Bergé, La stérilisation des eaux alimentaires. Mem. Soc. Ing. Civ. Ing. 1900, S. 601. — [37] Hering, Palmec und Perrit, Filtration of water for public use. Proc. Am. Soc. Civ. Engin. Aug. 1900, S. 774. — [38] Kröhnke, Dr. O., Das Wasser und seine Reinigung. Stuttgart 1900; ferner: Zeitschr. f. landwirtschaftl. Gewerbe. 15. März 1902 u. ff. — [39] Sherman, Schutzsiebe an den Wasserwerken von Boston. Eng. News. September 1900, S. 218. — [40] Oesten, Größere Enteisenungsanlagen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1900, S. 976. — [41] Thomae, Reinigung von Trinkwasser durch Ozon. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1900, S. 1685. — [42] Mechanical filters at the Glasgow-Exhibition. Engng. September 1901, S. 404. — [43] Neuere Wasserreinigungsapparate. Kraft und Licht. 14. Dezember 1901, S. 494. — [44] Hagen, Stand der Trinkwasserreinigung in Nordamerika. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 137. — [45] Neuartige Filter und deren Darstellung von Dr. Jolles und Küffler. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 198. — [46] Die Wassersterilisierung durch ozonisierte Luft nach dem System Abraham und Marmier. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Architektenvereins. 1901, S. 90. — [46a] Löslichkeit von Ätzkalk in Wasser verschiedener Temperatur. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 514. — [47] Helm, O., Über ein neues Verfahren zur Enteisenung von Grundwasser. Leipzig 1901. — [48] Wasserenteisenung durch Eisenoxyd. Dr. Helm. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 677. — [49] Über Wasserreinigung durch kombinierte Grob- und Feinfilter, H. Peter. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 681 u. 701. — [50] Wirkung der mechanischen Filter in East-Providence. Engineering Rec. 7. Dezember 1901, S. 545. — [51] The iron coagulant process at Lorrain. Eng. Rec. Mai 1902, S. 141. — [52] The Kennicott water softener. Eng. Rec. Mai 1902, S. 419. — [53] Schindler, Trinkwasserreinigung durch Ozon, System Siemens & Halske. Gesundh.-Ingen. 1902, S. 73. — [54] Teufer, Beitrag zur Kenntnis der Wasserenteisenung. Gesundh.-Ingen. 1902, S. 105. — [55] Mitteilungen über Betriebsvorgänge bei offenen Sandfiltern und deren Reinigung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 80. — [56] Prinz, Eisenhaltiges Grundwasser und die konstruktive Behandlung von Enteisenungsanlagen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 149, 163 u. 183. — [57] Betrieb mechanischer Filter zu East-Providence. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 233. — [58] Oesten, Sauerstoffaufnahme des Wassers im Regenfall einer Enteisenungsanlage. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 283. — [59] Gieseler, Amerikanische Schnellfilter. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 470. — [60] Spring, Filtration von Wasser durch Sand und Lehm. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 589. — [61] Neuere Verfahren der Wasserenteisenung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 941. — [62] Richert, Künstliche Infiltrationsbassins. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 963. — [63] Geißler, O., Wasser- und Gasanlagen. Handb. d. Wasserbeschaffung, Bewässerung, Entwässerung u. Gasbel. Hannover 1902. — [64] Trinkwassersterilisierung von Engels mit Chlorkalk. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 884; 1900, S. 541; 1901 S. 271 u. 450; 1903, S. 34. — [65] Neues Verfahren zur Reinigung von Trinkwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 55. — [66] Die Ozonwasserwerke Wiesbaden-Schierstein und Paderborn von G. Erlwein. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 155, 741. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1902, S. 1837. — [67] Härtebestimmung des Wassers von Peters. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 173. — [68] Über Enteisenung des Grundwassers. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 183. — [69] Härtebestimmung des Wassers. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 212. — [70] Zur Härtebestimmung mit Kaliumoleatlösung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 378. — [71] Über die Vorgänge bei der Enteisenung des Wassers. Ebenda 1903, S. 481. — [72] Über Trinkwasserreinigung durch Ozon und Ozonwasserwerke. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 883 u. 904. — [73] Wasserenteisenung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 930. — [74]

Atkins, Modern System of Water Purification. London 1903. — [75] Die Bedeutung der mikroskopischen (biologischen) Untersuchungsmethode für die Beurteilung des Wassers. Gesundheitsing. 1903, S. 321. — [76] Über die Gegenwart von Nitriten im Quellwasser. Revue d'Hygiène 1903, S. 301. — [77] Über die Gegenwart von Nitriten im Quellwasser. Chem. Zentralbl. 1903, S. 1142. — [78] Kolorimetrische Bestimmung von Nitriten und Nitraten im Wasser. Chem. Zentralbl. 1903, S. 963. — [79] Beobachtungen auf dem Gebiete der Wasseruntersuchung. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1903, S. 969. — [80] Die Verwendung des Ozons zur Verbesserung des Oberflächenwassers. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen 1903, S. 141. — [81] Das Elbwasser, seine Verunreinigung und Abhilfmaßregeln. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1904, S. 1937. — [82] Wehrenpfennig, Über die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers. Wiesbaden 1904. — [83] Über das Auftreten von Eisen und Mangan im Wasserleitungswasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 100, 212 u. 216. — [84] Vorschaltfilter aus Filtertuch, Borchardt. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 210. — [85] Verwendung von Eisensulfat zur Wasserreinigung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 306. — [86] Messung der Wassertrübung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 492. — [87] Über eine neue Methode der Eisenbestimmung im Grundwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 502. — [88] Beiträge zur Kenntnis des Vorkommens von Crenothrix in Brunnenwässern. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1904, S. 215. — [89] Über das Auftreten von Manganausscheidungen im Brunnenwasser. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1904, S. 478. — [90] Wehner, H., Die Sauerkeit der Gebrauchswässer als Ursache der Rostlust, Bleilösung und Mörtelzerstörung, und die Vakuumrieselung. Frankfurt a. M. 1904. — [91] Die Reinigung des Trinkwassers von Schlamm aus Flußwasser mittels schwefelsauren Eisens und schwefelsauren Kalks in St. Louis. The Eng. Rec. 1904, S. 502. — [92] Enteisenung mittels Holzwolle in Hannover. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 738 u. 1104. — [93] Wasserdurchlässigkeit von Sand, Lehm und Ton. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 869. — [94] Grahn, Zur Geschichte der hygienischen Beurteilung des Wassers bis Ende 1902. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 973. — [95] König und Emmerich, Die Bedeutung der chemischen und bakteriologischen Untersuchung für die Beurteilung des Wassers. Berlin 1904. — [96] Beurteilung von Trink- und Abwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 1084. — [97] Vorkommen von Mangan im Schlamm von Wasserleitungsröhren. Journ. Americ. Chem. Soc. 1904, S. 714 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 78. — [98] Nachweis und Bestimmung des Mangans im Trinkwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 273. — [99] Die neue Enteisenungsanlage der Stadt Altwasser in Schlesien. Zentralbl. der Bauverwaltung 1905, S. 166. — [100] Eisenschlamm aus Enteisenungsanlagen als Gasreinigungsmasse. Journ f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 614. — [101] Über eine Methode, geringe Mengen Mangan neben Eisen im Grundwasser nachzuweisen. Gesundh.-Ingen. 1905, S. 197. — [102] Ozonisierung von Wasser. Chem. Zentralbl. 1905, S. 1664. — [103] Beiträge zur chemischen Wasseruntersuchung. Zeitschr. f. Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln 1905, S. 129. — [104] Bunte, Eitner und Ecker, Berichte über Geheimmittel, welche zur Verhütung und Beseitigung von Kesselstein dienen sollen. Mit einer Einleitung über Kesselspeisewasser und dessen Reinigung. Hamburg 1905. — [105] Darapsky, L., Enteisenung von Grundwasser. Leipzig 1905. — [106] Erlaß des preußischen Ministers der u. s. w. Medizinalangelegenheiten vom 11. Februar 1905 über „Grundzüge für Anlage und Betrieb von Wasserwerken". Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 243. — [107] Befreiung des Wassers von Algen. Gesundh.-Ingen. 1905, 20. Juni. — [108] Agga-Verbundfilter für größere Wassermengen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 1112. — [109] Neue Ergebnisse auf dem Gebiete der bakteriologischen Wasseruntersuchung. Zentralbl. f. Bakterien- und Parasitenkunde 1905, S. 503. — [110] Enteisenungsanlage der Wasserversorgung des Bodenheimer Gebiets. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 11. — [111] Leher, Dr. Ernst, Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe. Leipzig 1906. — [112] Das städtische Wasserwerk zu Oppeln (Enteisenung). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 167. — [113] Wasserversorgung von Amsterdam in Kriegszeiten (mit Enteisenungsanlage). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 194. — [114] Versuche mit Jewell-Filtern. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 408. — [115] Amerikanische Wasseruntersuchungsmethoden. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 447 u. 894. — [116] Die Mikroskopie des Trinkwassers. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 464. — [117] Oesten, Neuerung bei Grundwasserenteisenungsanlagen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 481. — [118] Entfernung von Eisen und Huminstoffen aus Trinkwasser nach Wernicke und Mertens. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 630. — [119] Trinkwasserreinigung durch Ozon. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1906, S. 422. — [120] Neuerungen bei Grundwasserenteisenungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 714. — [121] Ozon zur Sterilisierung von Trinkwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 813. — [122] Dünkelberg, Dr. Friedr. Wilh., und Dr. Hanamann, Die Reinigung des Wassers für kommunale, häusliche und gewerbliche Zwecke, nebst einer

populären Anweisung zur Maßanalyse und Härtebestimmung des Wassers. Berlin 1906. — [123] Schreiber, Versuche mit Jewells mechanischem Filter im Wasserwerk Berlin-Müggelsee mit 2 Prozent Aluminiumsulfat als Fällmittel. Eng. Rec. 21. April 1906, S. 499. — [124] Die Wasserversorgung von Berlin, die Grundwassergewinnung und Enteisenung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 977. — [125] Sandfiltration und Schnellfiltration mit Jewell-Filtern. Ebenda 1906, S. 989. — [126] Ozonwasserwerk in St. Maur bei Paris. Eng. Rec. 1906, S. 179 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 1106. — [127] Wasserreinigung für Papierfabriken. Dinglers pol. Journ. 1906, S. 707 f. — [128] Oesten, Grundwasserenteisenung und neuere Einrichtungen hierzu, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1906, S. 1114. — [129] Die mechanische Klärung und Filterung in Wasserreinigern. Ebenda 1906, S. 1947. — [130] Tropenwässer und deren Reinigung. Journ. f. Gasbel. und Wasservers. 1906, S. 1012. — [131] Reinigung des Trinkwassers durch Natursteinfilter System Lanz. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 1013. — [132] Über ein Verfahren zur Züchtung von Typhusbazillen aus Wasser, und ihren Nachweis im Brunnenwasser. Drigalski. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt in Berlin 1906, S. 68. — [133] Desinfektion als Mittel zur Wasserreinigung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 165. — [134] Die Beaufsichtigung der Wasserreinigungsanlagen. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1906, S. 1987 u. 2023. Vgl. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 192. — [135] Zur Bestimmung kleiner Mengen von Schwefelsäure im Wasser. Zeitschr. f. analytische Chemie 1906, S. 573 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 192. — [136] Über die Verwendung des Bacillus prodigiosus als Indikator bei Wasseruntersuchungen. Archiv f. Hygiene Bd. LIX und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 21. — [137] Prüfung und Beurteilung des Reinheitszustandes der Gewässer. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel Bd. XII, S. 53 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 40. — [138] Zur Bestimmung des Mangans im Trinkwasser. Pharm. Zentralhalle XLVII, S. 799 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 40. — [139] Über die Bestimmung des Ammoniaks im Wasser durch Neßlers Reagens. Chem. Zentralbl. 1906, S. 907 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 41. — [140] Bakteriologische und mikroskopische Untersuchung des Wassers. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 199. — [141] Reinigung von Oberflächenwasser durch Filtration, Lüftung und Durchlichtung nach dem Verfahren von Puech (Paris). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 282. — [142] Vorrichtung zur chemischen, mechanischen und biologischen Reinigung von Wasser, im besonderen auch seine Entchlorung. Techn. Gemeindeblatt 1907, S. 315. — [143] Boileau, Note sur l'épuration des eaux à la Compagnie des phosphate et du Chemin de fer de Gafsa (Tunisie). Revue générale des Chemins de fer. März 1907, S. 113. — [144] Dr. Mayer und Dr. Kleiner, Über die Methoden der Härtebestimmung im Wasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 321 u. 353. — [145] Versuche mit Kupfer-Eisensulfat zur Wasserreinigung in Marietta am Ohio. The Eng. Rec. 24. März 1906 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 362. — [146] Verunreinigung des Breslauer Leitungswassers. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 362. — [147] Über die Reinigung des Wassers nach Dünkelberg. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1907, S. 388. — [148] Trinkwasseruntersuchungen. Apoth.-Ztg. 1906, S. 220 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 390. — [149] Wasser vom Simplontunnel. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1906, S. 1866 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 390. — [150] Das Sterilisieren des Wassers durch Ozon in Nizza. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1906, S. 1867 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 390. — [151] Die Schnellfilteranlage für Alexandrien (Jewell-Filter). The Eng. Rec. 1907, S. 201 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 417. — [152] Dr. Mayer und Dr. Kleiner, Kritische Untersuchungen über Wasserreinigungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 479 u. 502. — [153] Eine Anreicherungsmethode für den Nachweis von Typhusbazillen im Trinkwasser bei der chemischen Fällung mit Eisenoxydchlorid. Hyg. Rundschau XVI, S. 1376 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 489. — [154] Über Reinigung von Wasser mittels Eisenhydroxyds. Chem.-Ztg. 1907, Nr. 2 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 489. — [155] Buisson, Eine neue Methode zur Bestimmung des Ammoniaks im Wasser. Chem.-Ztg. 1907, S. 360 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 511. — [156] Manganbestimmung im Trinkwasser. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1907, S. 490 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 531. — [157] Die Schnellfilteranlage in Damiette (Ägypten), Jewell-Filter. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 546 nach The Eng. Rec. 1907, S. 536. — [158] Revolverfilter für Betriebswasser mit feinem Gletschersand und Fichtennadeln. Broschüre: Die Sillwerke bei Innsbruck der Allg. Elektrizitätsgesellschaft Berlin und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 757. — [159] Gelungene Ausscheidung von Manganverbindungen aus Tiefbrunnenwasser in Arad. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 767. — [160] Mitteilungen über Verhalten von stark eisenhaltigem Wasser zu dunkelbraun gefärbtem Tiefenwasser, Mertens-Posen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 787. — [161] Enteisenung von Wasser mittels Zentrifugen in Posen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 789. — [162] Das Breyersche Ziegelmehlfilter „Gloriafilter". Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 792. — [163] Darapsky, Enteisenung von Grundwasser. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1907, S. 1112. — [164] Versuche

zur Reinigung trüben Wassers in Washington. The Eng. Rec. 1907, S. 634 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 795. — [165] Die Reinigung des Trinkwassers nach Dünkelberg. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1907, S. 448 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 816. — [166] Die elektrische Widerstandskraft betrachtet als Mittel zur Unterscheidung von Trinkwasser. Chem. Zentralbl. 1907, S. 1350 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 816. — [167] Die Biologie des Trinkwassers. La Technique sanitaire 1906, Nr. 2—12 und 1907, Nr. 1—6. — [168] Königl. Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Berlin. Jahresbericht für 1906/07. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 834. — [169] Kolkwitz, Biologie der Sickerwasserhöhlen, Quellen und Brunnen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 850. — [170] Zum Vorgang der Wasserenteisenung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 858. — [171] Über Speisewasserreiniger. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1907, S. 1513. — [172] Warnung vor dem Kesselsteinmittel Dermatin. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1907, S. 1519. — [173] Mechanische Filteranlage zur Reinigung von Mississippiwasser. The Eng. Rec. 1907, S. 231 nach Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1907, S. 1556. — [174] Die Wasserreinigungsanlagen in Moline, Illinois. The Eng. Rec. 1907, S. 705 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 878. — [175] Direct and indirect methods of electrical purification of water. Journ. Franklin Inst. 1907, S. 205. — [176] Über den qualitativen Nachweis von Eisen im Wasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 898. — [177] Kolorimetrische Bestimmung von Blei im Trinkwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 946. — [178] Dr. Gans, Verbesserung von Trinkwasser und Gebrauchswasser für häusliche und gewerbliche Zwecke durch Aluminatsilikate oder künstliche Zeolithe. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 1026. — [179] Wehner, H., Ingen., Rost in Wasserleitungen, Schutz- und Vorbeugungsmittel. Gesundh.-Ingen. 1907, Nr. 17 u. 19. — [180] Erfahrungen mit Talsperrenwasser. Zeitschr. f. d. gesamte Wasserwirtschaft 1907, S. 314 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 1108. — [181] Enteisenung von Grundwasser nach dem Verfahren von Deseniß & Jacobi. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 1160. — [182] Bridge, Ozon, seine Natur, Herstellung und Verwendung. Journ. Franklin Inst. 1907, S. 355—381. — [183] Zur Enteisenung des Wassers: Vogt, Über Manganwiesenerz. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1906, Nr. 7. — Die Bedeutung der wasserlöslichen Humusstoffe für die Bildung der See- und Sumpferze. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1907, Nr. 2. — [184] Das Wasserwerk (Brunnenfilter und Enteisenungsanlage) für die Gerichts- und Gefängnisbauten in Berlin-Moabit. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1907, S. 501 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 12. — [185] Die Filteranlage von Lancaster (Mischbecken für schwefelsaure Tonerde mit Flußwasser). The Eng. Rec. 1907, S. 298 und Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 14. — [186] Neuerungen auf dem Gebiete der Filtrationstechnik. Verhandl. XIV. intern. Kongr. f. Hygiene (Götze-Bremen, Imbeaux-Nancy, Hazen-New York), schwefelsaure Tonerde im Verhältnis 1 : 50 000 bis 1 : 25 000 in Klärbecken unbedenklich. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 34 und Techn. Gemeindebl. 1907, S. 214. — [187] XVIII. statistische Zusammenstellung der Betriebsergebnisse von (359) Wasserwerken. München 1907. — [188] Rottmann, Die Untersuchung und Verbesserung des Wassers für alle Zwecke seiner Verwendung. Hannover 1907. — [189] Knauthe, K., Das Süßwasser. Chemische, biologische u. bakteriologische Untersuchungsmethoden unter besonderer Berücksichtigung der Biologie und der fischereiwirtschaftlichen Praxis. Neudamm 1907. — [190] Bothas, L., Massendestillation von Wasser, insbesondere zur Erzeugung von Trinkwasser und Lokomotivspeisewasser. Berlin 1908.

Deutsche Reichspatente

für Wasserreinigungseinrichtungen und Filter.

Nr. 1976. Filter. Gerson (Eisenschwamm). — Nr. 3463. Filterhahn mit Selbstreinigung. Neuber. — Nr. 5210. Neuerungen an Filterapparaten. Jennings. — Nr. 7676. Filter. Grant. — Nr. 9688. Filter. Remus. — Nr. 11 670. Filter. Pfeifer. — Nr. 11 688. Filter. Büssing. — Nr. 12 849. Filter. Dawson. — Nr. 13 524. Übersteigendes Wasserfilter. Koeppe. — Nr. 17 828. Neuerungen in der Reinigung von Filterflächen. Hyatt. — Nr. 18 262. Neuerungen an Filterapparaten. Hyatt. — Nr. 20 312. Neuerung an Filterapparaten. Pulsometer Engineering Co. — Nr. 20 424. Neuerungen an Hochdruckfiltern. Fulda. — Nr. 21 768. Filter. Rabitz. — Nr. 23 057. Filterapparat. Hassing. — Nr. 23 060. Sandfilter. Cramer. — Nr. 23 404. Zentrifugen für Filtrationszwecke. Betche. — Nr. 23 725. Filterkörper. Kleemann. — Nr. 23 807. Sackfilter. Pulsometer Engineering Co. — Nr. 24 641. Filtrierapparat. Veith. — Nr. 25 541. Verfahren und Apparate zum Reinigen der Filtermaterialien. Hyatt. — Nr. 26 480. Neuerungen an Hochdruckfiltern. Fulda. — Nr. 28 547. Bodenkonstruktion für Filter. Hyatt. — Nr. 30 401. Tragbares Filter. Wagner. — Nr. 30 611. Neuerung bei Herstellung von Filterkörpern. Olschewsky. — Nr. 32 647. Neuerung an Filteranlagen. Gerson. — Nr. 33 071. Drehbares Wasserfilter. Olschewsky. — Nr. 33 095. Filter für Auslaufhähne. Gerville. — Nr. 33 434. Filtrierapparat mit

endlosem Filtertuch. Hentschel. — Nr. 33 943. Wasserfilter. Mallié. — Nr. 34 056. Reinigungsvorrichtung für Filter. Chamberland. — Nr. 34 667 u. 34 668. Neuerungen an Filtern. Hyatt. — Nr. 34 994. Filter für Abflußhähne. Gerville. — Nr. 41 181. Ventilanordnung bei drehbaren Filtern zur Veränderung der Durchflußrichtung. Crocker. — Nr. 42 082. Neuerungen an Filtern mit einem Filterbett aus körnigem Material. Hyatt. — Nr. 42 426. Selbstreinigendes Filter. Hyatt. — Nr. 42 857. Verfahren und Apparate zum Filtrieren von Flüssigkeiten und zum Reinigen der Filter durch Zentrifugalkraft. Polaczek. — Nr. 43 039. Verfahren zur Reinigung von Filtern mit festwandigen Filterzellen. Hyatt. — Nr. 43 254. Apparat zum Sammeln, Filtrieren und Aufbewahren von Regenwasser. Cooke-Sayer. — Nr. 43 441. Filter mit vertikalen Filtertucheinlagen. Necasek. — Nr. 45 112. Filtrierapparat zum Reinigen von Flüssigkeiten auf elektrolytischem Wege. Jewell. — Nr. 45 130. Auseinandernehmbares Filter. Danziger. — Nr. 46 185. Apparat zum Sammeln, Filtrieren und Aufbewahren von Regenwasser. Cooke-Sayer. — Nr. 46 195. Apparat zur Vorbereitung der Wasserreinigung. Piefke. — Nr. 47 508. Schlauchfilter. Maignen. — Nr. 48 502. Filter. Clayton. — Nr. 48 919. Apparat zum Sammeln, Filtrieren und Aufbewahren von Regenwasser. Cooke-Sayer. — Nr. 49 608. Hochdruckfilter. Davis-Riddell. — Nr. 49 623. Filter. Roeske. — Nr. 50 479. Wasserreinigungs- und Filtrierapparat. Swoboda. — Nr. 51 638. Filter mit Gegenspülung. Gerville. — Nr. 52 220. Filter mit Vorrichtung zum Reinigen der festwandigen Filterzellen. André. — Nr. 52 496. Spül- und Reinigungsvorrichtungen für Filter mit rohrförmigen Filterkörpern. Berkefeld. — Nr. 53 075. Zentrifugalfilter. Clark. — Nr. 53 304. Filter, dessen Füllung in Abschnitten zur Flüssigkeitsreinigung benützt wird. Hyatt. — Nr. 54 037. Klärung von Wasser. Maignen. — Nr. 54 129. Filter mit Waschvorrichtung. Hestren-Jewell. — Nr. 54 137. Filtriereinrichtung mit drehbaren, durch Anschwemmen sich mit Faserstoffen bedeckenden und durch Umstürzen sie abgebenden Filterplatten. Heuser. — Nr. 54 141. Filter. Lossow. — Nr. 55 132. Filter mit selbsttätigem Auswaschen des Filtermaterials. Hegemann & Oliptant. — Nr. 55 426. Trommelfilter. Allen Crocker. — Nr. 56 052. Filter mit endlosem stetig sich bewegenden Filtertuch. Birch. — Nr. 56 981. Klärvorrichtung mit einen Zickzackkanal bildenden Ablagerungsflächen. Prégardien. — Nr. 57 082. Wasserklärapparat. Desrumaux. — Nr. 58 355. Filter, bei welchem die Reinigung der festwandigen Filterzellen nach dem durch Nr. 43 039 patentierten Verfahren beruht. Santurio. — Nr. 58 676. Filter, besonders für Kesselspeisewasser. Brown Edmiston. — Nr. 58 881. Geschlossenes Filter mit während der Filtration auswechselbaren wagrechten Siebeinsätzen. Prinz Carlshütte, Rothenburg a. S. — Nr. 58 999. Filtriervorrichtung. Weigel. — Nr. 60 684. Filter. Heuser. — Nr. 61 025 u. 61 029. Klärvorrichtung und Filter. Dervaux. — Nr. 61 254 u. 61 255. Vorrichtungen zum Reinigen von Wasser durch Preßluft und Eisen. Piefke. — Nr. 61 381. Drehbare Trommel zur Reinigung des Wassers durch metallisches Eisen und Preßluft. Piefke. — Nr. 61 755. Sandfilter, bei welchen die Anordnung einer groben Kiesschicht dadurch umgangen wird, daß das Hauptsammelrohr oberhalb der von dem Boden des Filters nach oben führenden Zuflußstutzen für das filtrierte Wasser liegt, so daß letzteres von unten nach oben in das Sammelrohr geführt wird. Engel. — Nr. 61 958. Filtriervorrichtung. Weigel. — Nr. 63 037. Spülvorrichtung für Filter. Bowden. — Nr. 64 384. Filtrierapparat. Arlt. — Nr. 64 605. Filter mit kegelförmigem Boden. Bowden. — Nr. 66 034. Wasserklärapparat. Desrumaux. — Nr. 66 289. Filter. Automatic Filter Company Washington. — Nr. 66 291. Apparat zur Vorfiltration von Wasser mit selbsttätiger Abführung der Verunreinigungen desselben. Österr. Ver. f. Zellulosefabrikation. — Nr. 67 201. Filter. Werth. — Nr. 67 203. Filtrierapparat. Werth. — Nr. 68 026. Zusatz zu Pat. Nr. 51 638. Filter mit Gegenspülung. Gerville. — Nr. 68 260. Versteifter Hohlkörper zum Filtrieren. Nordtmeyer. — Nr. 68 289. Apparat zum Reinigen von Wasser. Devonshire. — Nr. 68 410. Filtriervorrichtung. Weigel (Zusatzpat. zu Nr. 58 999). — Nr. 69 640. Mit Spülvorrichtung verbundene Reinigungsanlage für eisenhaltiges Grundwasser. Piefke. — Nr. 69 781. Filter. Skoryna. — Nr. 70 050. Wasserreinigung. Krüger. — Nr. 70 164. Apparat zum Sterilisieren und Pasteurisieren von Wasser. Fromme. — Nr. 70 513. Verfahren und Vorrichtung zur Unterwasserreinigung von Sandfiltern. Piefke. — Nr. 70 973. Zusatz zu Patent André Nr. 52 220. Filter mit Vorrichtung zum Reinigen der festwandigen Filterzellen. — Nr. 71 278. Filtrierhahn. Leslie. — Nr. 71 399. Apparat zur Gewinnung von destilliertem und sterilisiertem Wasser. Nagel. — Nr. 72 007. Wasserreinigung. Dervaux. — Nr. 72 052. Apparat zum Reinigen und Klären von Wasser. Durand & Co. — Nr. 72 065. Wasserreinigungsapparat mit eingeschalteten konischen Hebern. Peschge. — Nr. 72 085. Dachrinnenfallrohr mit Filtriervorrichtung. — Nr. 72 269. Sandfilter. Delhotel. — Nr. 72 527. Apparat zum Sterilisieren von Wasser. Göbel. — Nr. 72 754. Filter. Kraus & Zappert. — Nr. 72 845. Vorrichtung zur Scheidung des unreinen Ablaufwassers von Dächern von dem reinen Regenwasser. Belloc. — Nr. 73 078. Verfahren, Wasser mittels Zinnoxyds zu reinigen. Linde. — Nr. 73 403. Verfahren zur Herstellung von irdenen oder Porzellanfilterkörpern. Da Silva Prado. — Nr. 73 604. Apparat zum Sterilisieren von Wasser. Babes. — Nr. 73 740. Filtrierapparat. Sellenscheidt. — Nr. 74 141. Filter mit Reinigungsvorrichtung. Santuris. — Nr. 74 248. Vorrichtung zum Einführen gelöster Fäll-

mittel in zu filtrierendes Wasser. Winkler. — Nr. 74 952. Wassersterilisierapparat. Grove. — Nr. 75 628. Reinigen von Filtermaterial durch Zublasen von Luft unter das Filter. Reisert. — Nr. 75 875. Vorrichtung zur Reinigung von Gebrauchswasser durch Kalk und Kohlensäure. Salzberger. — Nr. 76 136. Verfahren zur Herstellung von Filtermasse aus Rohr. Kiex. — Nr. 76 194. Filter mit beweglichen, das zusammendrückbare Filtermaterial umschließenden Siebplatten. Harris. — Nr. 76 858. Elektrolytische Wasserreinigung. Oppermann. — Nr. 77 015. Stromverteiler für Klärapparate. Neugebaur. — Nr. 77 133. Filter zur Ausscheidung von Öl, Fett etc. Reeves. — Nr. 77 142. Flüssigkeitsfilter. Fischer Peters. — Nr. 77 145. Trommelfilter. Rankine. — Nr. 77 149. Kläranlage (Heber). Hüllßner & Röhrig. — Nr. 77 268. Apparat zur gleichzeitigen Herstellung sterilisierten, heißen und abgekühlten Wassers. Schalling. — Nr. 77 611. Zusammengesetztes Tuchfilter. Harris. — Nr. 78 003. Filtrierapparat. Railton. — Nr. 78 098. Filtrier- und Spülvorrichtung. Krone. — Nr. 78 134. Sterilisierapparat für Wasser. Schüßler. — Nr. 78 292. Apparat zum Sterilisieren von Wasser. Yage. — Nr. 78 476. Wasserreinigungsapparat. Luzar. — Nr. 78 766. Anode für elektrolytische Wasserreinigung. Hermite. — Nr. 79 092. Apparat zur Gewinnung von destilliertem und sterilisiertem Wasser. Nagel. Zusatz zu Pat. 71 399. — Nr. 79 236. Filteranlage. Götzky. — Nr. 79 822. Vorrichtung z. Auswaschen von Filtermaterial. Piefke. — Nr. 80 486. Misch- u. Spritzbehälter f. Desinfektionsflüssigkeit. Pearson. — Nr. 81 261. Filtriervorrichtung. Fuhrken. — Nr. 81 770. Steriles Filter. Pott. — Nr. 82 030. Wasserreinigungsvorrichtung. Dehne. — Nr. 82 082. Verfahren u. Apparat z. Umwandlung v. Meerwasser in Trinkwasser. Pfister. — Nr. 82 601. Schnellfilter. Crot. — Nr. 82 969. Reinigungsvorrichtung f. Flüssigkeiten. Kron. — Nr. 83 069. Einr. z. Herstellung elektrolys. Desinfektionsflüssigkeit z. Hausgebrauch. Hermite. — Nr. 83 310. Reagenzienverteiler f. Wasserreinigungsapparate. Delhotel. — Nr. 83 542. Filter. Kröhnke. — Nr. 84 660. Vorricht. z. Reinigung kalkhaltigen Wassers. Dervaux. — Nr. 85 023. Flüssigkeitsfilter. Kleemann. — Nr. 85 189. Selbsttätige Desinfektionsvorrichtung. Salberg. — Nr. 85 237. Asbestfilter. Breyer. — Nr. 85 238. Bürstvorrichtung zum Reinigen der Asbestfilter. — Nr. 85 572. Verfahren zur Herstellung einer Filtermasse. Phillips. — Nr. 85 634. Schöpfwerk zum Zuführen von Fällungsmitteln zu den zu reinigenden Rohwässern. Schlierholz. — Nr. 86 571. Filter aus losem Filtermaterial. Schmidt. — Nr. 86 675. Filter. Westphalen. — Nr. 87 677. Wasserfiltrierverfahren. Dege. — Nr. 88 446. Wasserfilter. American Tripoli Co. — Nr. 88 927. In die Hausleitung einzuschaltendes Wasserfilter. Eydmann. — Nr. 90 030. Verfahren zur Herstellung einer porösen und harten Filtermasse. Hempel. — Nr. 90 513. Einrichtung zum Trennen und Abführen des Schlammes aus trüben Wässern. Dehne. — Nr. 91 176. Vorrichtung zur Wasserreinigung. Ebeling. — Nr. 91 829. Sich selbst reinigendes Filter. Wilson. — Nr. 91 903. Wasserfilter. Kohlmeyer. — Nr. 92 252. Filtriermaschine. Birch. — Nr. 94 863. Kammerfilter. Mestel. — Nr. 94 864. Filter. Robinson. — Nr. 95 202. Reiniger für Filterbelegung mit Kreislauf der Reinigungsflüssigkeit. Mürbe. — Nr. 95 203. Filter für Flüssigkeiten. Müllenbach. (Ausführungsform für Nr. 83 542.) — Nr. 95 835. Verfahren zur Herstellung einer Filtermasse. Grandjean. — Nr. 96 047. Wasserfilter. Kurka. — Nr. 96 061. Mischvorrichtung für Wasserreinigungsapparate. Wehrenfennig. — Nr. 97 097. Verfahren zur Ausscheidung der Erdalkaliverbindungen aus dem Wasser. Schröder. — Nr. 97 438. Verfahren und Apparat zum Auswaschen von Filterwasser. Dervaux. — Nr. 98 034. Vorrichtung zum Reinigen von Flüssigkeiten. Bennet. — Nr. 98 389. Filtriereinrichtung. Grandjean. — Nr. 98 881. Filtrierapparat. Linke. — Nr. 99 131. Trommelfilter. Dörries. — Nr. 100 716. Filter. Delsol. — Nr. 100 893. Filter. Koch. — Nr. 101 096. Sandfilter. Reineken. — Nr. 101 439. Filter mit Schlauchdichtung. Koppel. — Nr. 101 506. Filter für Hauswasserleitungen. Metropolitan Filter Co. — Nr. 104 379. Apparat zur Entfernung von Sand etc. aus Wasser. Salzberger. — Nr. 104 636. Filter. Allgem. Städtereinigungsgesellsch. — Nr. 105 109. Filter. Delsol. Zusatzpat. zu Nr. 100 716. — Nr. 105 800. Vorrichtung zur Entfernung von Schwimmstoffen aus Filterbehältern. Fischer. — Nr. 105 849. Wasserreinigungsapparat mit durch das zu reinigende Wasser bewirkter Zuführung der Fällungsmittel. Hönig. — Nr. 106 523. Vorrichtung zum Füllen und Entleeren von Behältern. Cameron, Commin und Martin. — Nr. 106 968. Filter. Fockhamer. — Nr. 107 251. Filter aus in einem Gehäuse fest angeordneten Filterelementen. Knoble. — Nr. 107 739. Filter. Wilson. — Nr. 107 984. Wasserreinigungsverfahren. Rotten. — Nr. 109 269. Hochwasserbehälter mit eingebautem Wasserreiniger. Nordische Elektrizitätsaktiengesellschaft, Abt. Ostdeutsche Industriewerke Marx & Cie. — Nr. 110 747. Filtriervorrichtung mit Absetzkammer, Vorfilter und Nachfilter. W. Reeves. — Nr. 110 971. Filter. Abraham. — Nr. 113 783. Wasserfilter mit Reinigungseinrichtung. Sellenscheidt. — Nr. 114 709. Verfahren zur Enteisenung von Grundwasser im Untergrunde selbst. Oesten. — Nr. 115 519. Handenteisenungsapparat für Wasser. Oesten. — Nr. 116 534. Vorrichtung zur selbsttätigen Reinigung von Filtern und Entleerung von Rohren. Hoffmann. — Nr. 119 663. Winkelfilter mit Kiesfüllung für Brunnen. Otten. — Nr. 121 440. Verfahren zur Reinigung eines offenen Filters durch Rückspülung. Oesten. — Nr. 122 018. Elektrisches Wasserfilter. Teter & Heany. — Nr. 125 394. Kombinierte Trinkwasserfiltrations- und Kläranlage für

den Großbetrieb. Deutsche Talsperren- und Wasserkraftverwertungsgesellschaft Hannover. — Nr. 125 395. Verfahren zur Enteisenung von Grundwasser. Oesten. — Nr. 126 808. Brunnenpumpe zur Enteisenung in der Pumpe. Deseniß & Jacobi. — Nr. 131 096. Wassersterilisationskessel. Birkenmeyer. — Nr. 131 466. Reinigungsvorrichtung für Filter mit körnigem Filtermaterial. Bollmann. — Nr. 132 513 u. 134 526. Berieselungsregenerativerhitzer für zu sterilisierende Flüssigkeiten. Ahlborn. — Nr. 134 093. Wasserreinigungsapparat. Ginsburg. — Nr. 134 523. Apparat zur Verdampfung von Seewasser. Davie. — Nr. 134 525. Sterilisierapparat. Siemens & Halske. — Nr. 134 718. Verfahren zum Sterilisieren und Sterilhalten von Trinkwasser. Kayßer. — Nr. 134 770. Reagensmischvorrichtung für Wasserreinigungsapparate. Schmidt. — Nr. 137 271. Vorrichtung zum Reinigen und Weichmachen von Wasser. Breda. — Nr. 137 426. Vorrichtung zur Erzeugung von Kalkmilch. Schröder. — Nr. 138 025. Klärapparat mit staffelförmigen Scheidewänden. Zusatzpat. zu Nr. 127 204. Schröder. — Nr. 138 555. Wasserreinigungsapparat mit Zickzackwegen. Tschentschel. — Nr. 140 990. Verfahren zur Reinigung des Wassers mit Hilfe gelöster Chemikalien. Sorge. — Nr. 141 278. Verfahren zur Enteisenung und Entfärbung von Wasser. Allg. Städtereinigungsgesellschaft Wiesbaden. — Nr. 141 667. Wasserreinigungsapparat mit schraubenförmigen Platten. Gathmann. — Nr. 142 929. Verfahren zur Enteisenung von Wasser. Leupold & Freund. — Nr. 145 059. Sandfilter mit schräg gestellten Platten. Kathol. — Nr. 145 797. Verfahren zur Enteisenung von Wasser mittels Mangansuperoxyds. Bruhns. — Nr. 146 402. Vorrichtung zur Reinigung und Behandlung von Wasser. Kröhnke. — Nr. 146 403. Einrichtung zur Sterilisierung von Flüssigkeiten. Caille. — Nr. 146 404. Vorrichtung zum Abmessen und Vermischen von Flüssigkeiten mit Kalkmilch oder dgl. Walter. — Nr. 146 997. Verfahren zum Reinigen und Sterilisieren von Wasser durch elektrischen Strom und atmosphärische Luft. Koschmieder. — Nr. 148 193. Verfahren zur Sterilisierung des Wassers mittels ozonisierter Luft. Dillan. — Nr. 148 404. Verfahren zur Erleichterung der Enteisenung von Rohwasser. Bruhns. — Nr. 151 673. Vorrichtung zur Wasserreinigung auf elektrischem Wege. Rönne. — Nr. 153 472. Enteisenungsanlage für Brunnenwasser. Pietsch. — Nr. 154 792, Zusatzpatent zu Nr. 145 797. Verfahren zur Enteisenung. Bruhns. — 156 983. Vorrichtung zur Sterilisierung von Wasser. Arnold. — Nr. 157 810. Wasserreinigungsvorrichtung. Magdalinski. — Nr. 158 270. Regelung des Wasserzuflusses und der Ozonbereitung. Felten & Guilleaume der Lahmeyerwerke. — Nr. 158 326. Turbine o. dgl. durch das zu reinigende Wasser angetrieben. Schou. — Nr. 158 603. Behandlung mit Ozon bei Wasserreinigern. Fischer. — Nr. 158 885. Reinigung von Trinkwasser durch Elektrolyse unter Benutzung von Eisenelektroden. Felten & Guilleaume & Lahmeyerwerke. — Nr. 159 378. Vorrichtung zum Weichmachen von Wasser. Hwaß. — Nr. 160 131. Wasserreinigung durch Zusatz von Fällungsmitteln in Breiform. Gebr. Körting. — Nr. 160 683. Zuführungsvorrichtung für die Fällungsmittel. Jörgensen. — Nr. 161 742. Vorrichtung zum Zumessen dickflüssiger Chemikalien. Gebr. Körting. — Nr. 162 698. Verfahren zur Ausscheidung des Planktongehalts aus dem Rohwasser. Borchardt. — Nr. 162 778. Vorrichtung zum Zuführen von trockenen, pulverförmigen Fällungsmitteln. Schmidt. — Nr. 162 861. Vorrichtung zum Sättigen von Wasser mit Kalk. Declercq. — Nr. 162 867. Schutzvorrichtung gegen das Einfrieren des Kalkbehälters. Kennigott. — Nr. 163 748. Zuführung des Kalk- und Rohwassers zum Mischgefäß, periodisch. Gutensohn. — Nr. 164 713. Kalksättigungsapparat mit Luftabführungsvorrichtung. Eichenauer. — Nr. 165 848. Wasserreiniger für städtische Wasserwerke mit hintereinander geschalteten Grob- und Feinfiltern. Maignen. — Nr. 165 975. Filter mit Lüftungseinrichtungen zur Enteisenung. Meyer. — Nr. 166 625. Reinigung durch Permanganate bei gleichzeitiger Zuleitung des elektrischen Stroms. Pellas. — Nr. 166 854. Gleichzeitige Zuführung des Fällmittels und des Rohwassers aus dem Meßbehälter zum Absatzbehälter. Hodgkin. — Nr. 167 788. Wasserleitungsventil mit Filter. Röver. — Nr. 167 796. Wasserreiniger mit Regelung des zuzusetzenden Fällungsmittels durch ein von dem zu reinigenden Wasser bewegtes Wasserrad. Desrumaux. — Nr. 168 493. Vorrichtung zur Sterilisation von Wasser mit ozonhaltiger Luft. Felten & Guilleaume & Lahmeyerwerke. — Nr. 168 631. Unterirdische Enteisenungsanlage. Schott. — Nr. 168 663. Wasserreinigungsapparat mit Förderschnecke für trockene Fällmittel. Schott. — Nr. 170 341. Verfahren zur Sterilisation von Wasser mittels Erdalkalimanganaten. Cambier. — Nr. 170 459. Vorrichtung zur Sterilisation von Wasser mittels Ozons. Schneller. — Nr. 172 596. Abdampfapparat zur Erzeugung von Süßwasser aus Seewasser. Ebner. — Nr. 172 761. Ununterbrochen wirkender Wasserreinigungsapparat für Kondensat- und Rohwasser. Baudry. — Nr. 173 765. Sterilisierapparat für Flüssigkeiten, insbesondere für Trinkwasser. Lutze. — Nr. 174 060. Vorrichtung zum Beschicken von Wasserreinigungsapparaten mit gelösten Fällmitteln mittels Heberwirkung. Overhoff. — Nr. 175 192. Wasserreinigungsapparat mit ringförmig getrennten Räumen für Roh- und Reinwasser. Guttmann. — Nr. 175 371. Wasserreinigungsapparat mit Zuführung für ungelöste Fällmittel. Heilig. — Nr. 176 592. Apparat zur selbsttätigen und ununterbrochenen Sterilisation von Wasser. Morel. — Nr. 176 943. Filter. Hartmann. — Nr. 177 605. Filter. Dünkelberg. — Nr. 177 922.

Sandsäulenfilter. Neumann. — Nr. 179 011. Vorrichtung zur dosenweisen Zuführung der Fällmittel zum Rohwasser. Krüger. — Nr. 179 417. Allseitig geschlossener Enteisenungszylinder. Bock. — Nr. 179 718. Drehbares Sandfilter. Missong. — Nr. 180 184. Vorrichtung zur Verteilung des Wassers bei Wasserreinigungsapparaten. Declercq. — Nr. 180 687. Verfahren, den Eisengehalt des Wassers durch Lüftung und Filtration in einem Strome auszuscheiden. Deseniß & Jacobi. — Nr. 182 555. Apparat zum Destillieren von Wasser. American Water Purifying Comp.

---

§ 60. Wassermesser und Filtermeßeinrichtungen.

A. Wassermesser für Haus und Gewerbe.

Abgesehen von den Methoden, nach welchen frei aus Kaliberhähnen fließendes oder überfallendes Wasser gemessen wird (vgl. Abt. I, § 11 und [40], [40 a], [41], [55], [80], [89]), sind zur Messung von Wassermengen, welche durch Rohrleitungen fließen, in der Hauptsache zweierlei Instrumente in Gebrauch: unbewegte oder relativ wenig bewegte Messer, bei welchen aus Druckunterschieden bezw. aus je nach der Durchflußmenge verschiedenen Energieäußerungen des Wassers auf bestimmte Flächen etc. die Wassermengen berechnet werden können, und bewegte Messer, welche die Menge des durchgeflossenen Wassers entweder nach der Anzahl der Füllungen eines bekannten Raumes bei hin- und hergehender Bewegung bestimmen oder aus der Anzahl der Umdrehungen eines durch die Wasserströmung bewegten Rades erkennen lassen.

I. Unbewegte Messer. Fließt bei diesen Meßapparaten in der Zeiteinheit eine bestimmte Wassermenge durch, so ändert sich die Lage der Organe, welche die Durchflußmenge erkennen lassen, nur wenig oder gar nicht. Hierher gehören unter anderem Parentys Gas- und Flüssigkeitsmesser [31], der Rümannsche Wassermesser ohne bewegte Teile, D. R.-P. Nr. 50 676, der Wassermesser von Deacon [22], [29] und der Venturi-Messer [42], [43], [49], [58], [65], [66], [90]. In der Wasserversorgung sind nur die zwei letztgenannten Messer von hervorragender Bedeutung und soll deshalb hier näher auf dieselben eingegangen werden.

Der Deacon-Wassermesser besteht aus einer vertikalen kegelförmigen Büchse A (Fig. 544), in welcher auf dem vertikalen Rohre B eine runde, horizontal liegende, im Sinne der Achse diese Rohres bewegliche Scheibe C angebracht ist. Rohr und Scheibe hängen an einem Draht, welcher über eine Rolle geht und durch ein Gegengewicht gespannt wird. Dieses Gegengewicht zieht die Scheibe C in der Büchse A — solange kein Wasserdurchlauf vorhanden, also die Pressung vor und hinter der Scheibe dieselbe ist — in jene Lage, bei welcher Büchsendurchmesser und Scheibendurchmesser gleich sind. Beginnt der Wasserdurchfluß, so muß die Scheibe sinken; es bildet sich für den Durchlaß einer bestimmten Wassermenge eine ringförmige Öffnung von bestimmter Größe, welche durch die Energie der Wasserströmung konstant erhalten bleibt. Die jeweilige Lage der Scheibe ist dadurch abhängig von Wassergeschwindigkeit bezw. Wassermenge bei sonst bestimmten Dimensionen des Apparats. In dem oberen wasserdicht abgeschlossenen Gehäuse befindet sich sodann die Einrichtung, mittels welcher die Lage der Scheibe aufgezeichnet wird. Ein in senkrechter Führung laufender Rollenwagen macht die Bewegungen der Scheibe mit und ist Träger des Stiftes D, der auf der

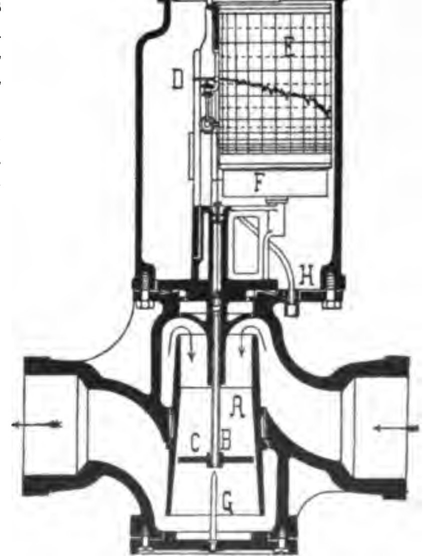


Fig. 544. Wassermesser Deacon.

Trommel E die Scheibenstellungen — denen die durchlaufenden Wassermengen nach empirischer Bestimmung entsprechen — notiert. Ein Uhrwerk F dreht die Trommel in bestimmtem Zeitraum um 360 Grad, worauf das vom Stifte aufgezeichnete Diagramm abgenommen und ein neues Diagrammpapier auf die Trommel geklebt werden kann etc. Der Stift G soll als Führung dienen, wenn die Scheibe C tief herabsinkt, also große Wassermengen durchfließen, die energischere Bewegungen veranlassen. H ist ein Abflußrohr für das durch die Stopfbüchse des Drahts etwa eingesickerte Wasser. Alles übrige zeigt die Figur, ohne daß weitere Erläuterungen nötig wären (vgl. auch [22], [29] und B, Filtermeßeinrichtungen).

Der Wasserwerksdirektor Deacon in Liverpool hat den eben beschriebenen Wassermesser erfunden und hauptsächlich dazu benutzt, um mittels desselben in einfachster Weise die Ursachen der Wasserverluste im Verteilungsnetze und den Hausleitungen des Wasserwerks festzulegen. In einem Distrikte der Stadt Liverpool hatte man mittels eines umständlichen Verfahrens — durch Untersuchung von Haus zu Haus — herausgefunden, daß durch Undichtigkeiten des Rohrnetzes und der Hausleitungen außerordentlich große Wassermengen verloren gingen; vor Beseitigung der Undichtigkeiten betrug z. B. der Wasserverbrauch pro Kopf eines Distrikts 152,5 Liter, nachher nur noch 60,5 Liter in 24 Stunden. Das Resultat war überraschend. Die späteren Untersuchungen in anderen Distrikten wurden erheblich einfacher mit Hilfe des Deaconschen Messers, der infolge auch Distriktswassermesser genannt wurde. Über das Gesamtresultat in Liverpool und anderen Städten s. Abt. I, S. 597.

Es ist von Interesse, den Gang dieser Untersuchungen zu verfolgen, da der Deacon-Messer dabei die Hauptrolle spielt. Man teilt zunächst das ganze Untersuchungsobjekt in eine Anzahl Distrikte, von welchen jeder seinen Wassermesser erhält und ca. 2000 Einwohner umfaßt. Zur Untersuchung sind drei Beamte erforderlich; ebenso müssen vor den Privatableitungen von der Straße aus zugängliche Absperrschieber sein oder angebracht werden. Dann werden von den Wassermessern der verschiedenen Distrikte die Diagramme gesammelt und aus denselben vor allen Dingen die spezifischen Verbrauchsziffern berechnet. Es wird sich dabei herausstellen, daß ohne auffallenden Grund einige Distrikte einen relativ sehr hohen Wasserverbrauch gegenüber den anderen zeigen; die Untersuchung hat dann bei jenem Distrikte zu beginnen, der den Maximalverbrauch zeigt, also unter sonst gleichen Umständen in Bezug auf Beschaffenheit von Leitungen, Verschlüssen etc. der schlechteste ist. In die Hauptleitung dieses Distrikts setzt man sodann den Deacon-Messer ein. Die Tätigkeit der Beamten kann erst dann beginnen, wenn auf den Straßen Ruhe eingetreten ist, also etwa um Mitternacht; sie behorchen nacheinander die verschiedenen Absperrschieber, indem sie sich der Schlüsselstange als Hydrophons bedienen. Jeden Schieber, durch welchen man Wasser fließen hört, schließen sie ab und bemerken sich die Nummer des Schiebers und den Zeitpunkt des Abschlusses; diesen Abschluß und den Zeitpunkt desselben läßt auch der vor dem Distrikt eingebaute Deacon-Messer erkennen. Auf dem Trottoir über jedem derart geschlossenen Schieber wird sodann ein Zeichen (mit Kreide, Rotstift etc.) angebracht. Dauert das Geräusch nach dem Abschlusse fort, so ist offenbar noch ein Leck zwischen dem Straßenrohr und dem Absperrschieber vorhanden. In solchem Falle ist jedoch in der Regel das Geräusch an mehreren Absperrschiebern wahrnehmbar und der Schluß auf die Lage der Undichtigkeit nur dort gerechtfertigt, wo die größte Intensität des Rauschens bemerkt wird; dort wird man ebenfalls ein Zeichen anbringen, um die notierte Stelle leicht wieder finden zu können. In dieser Weise wird bis etwa morgens 4 Uhr fortgefahren; ist dann der Umgang beschlossen, so kehren die Beamten zum Deacon-Messer zurück, schließen vor demselben den Schieber der Hauptleitung und lassen ihn einige Minuten geschlossen. Nachher öffnen sie ihn wieder, ebenso sämtliche von ihnen verschlossenen Absperrschieber zu Hauszuleitungen, die sie mit Zeichen versehen haben und infolgedessen leicht wieder finden können. Dann kehren sie auf das Bureau des Wasserwerks zurück, um dort alle Einzelheiten ihrer Beobachtungen sofort in besondere Formulare einzuschreiben. Am gleichen Morgen erhält sodann der Aufseher (Inspektor) des Wasserwerks eine Kopie dieses Berichts; er untersucht die bezeichneten Stellen nochmals und schreibt seine Beobachtungen zu dem Berichte, die nun dem Betriebsingenieur übergeben werden. Letzterer hat zu gleicher Zeit das Diagramm erhalten, welches von dem Deacon-Messer des betreffenden Distrikts abgenommen wurde. Er sieht daraus, welche Zeit die Untersuchung der Nachtbeamten in Anspruch genommen hat und erkennt ferner alle entdeckten Wasserverluste. Einige Zeit später zeigen sodann weiter aufgenommene Diagramme die Erfolge der auf Beseitigung der Defekte gerichteten Tätigkeit des Aufsichtsbeamten.

Die Vorteile der Anwendung des Deaconschen Distriktwassermessers bestehen also in der Hauptsache darin, daß in relativ kurzer Zeit verborgene und sichtbare Wasserverluste schnell und sicher aufgefunden werden; dabei verursacht der in die Leitungen eingesetzte Apparat nur einen verhältnismäßig kleinen Druckverlust und die Diagramme geben eine sichere und bleibende Übersicht über die durch Verbesserungsarbeiten erreichten Erfolge. Außerdem lassen die sorgfältig ausgeführten Beobachtungen Schlüsse zu auf die Brauchbarkeit der in den Hausleitungen angewendeten Verschlußvorrichtungen und führen so auf Verbesserungen der bei der Wasser-

verteilung benützten Konstruktionstypen. — Andere Arten von Wasserverlustanzeigern s. [34], [39], [77] und die D. R.-P. Nr. 16 666, 52210 und 136 815. Selbstverständlich eignet sich im übrigen der Deaconsche Messer auch in jedem anderen Falle zur Feststellung von Wassermengen und hat deshalb auch eine weitverbreitete und sehr vielseitige Verwendung gefunden.

Der Venturi-Wassermesser (Fig. 545) stellt die durch ein konisch sich verengendes und ebenso wieder erweiterndes Rohr fließende Wassermenge aus der Differenz der

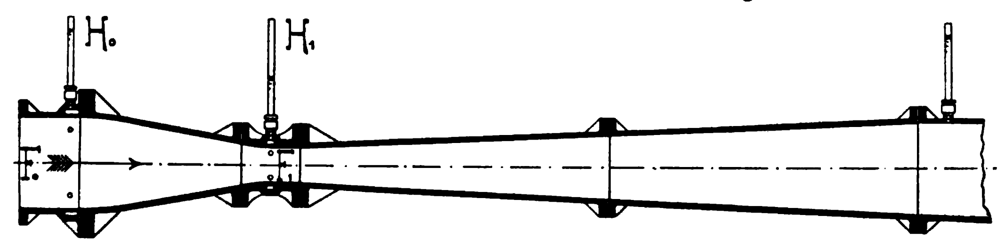


Fig. 545. Venturi-Wassermesser 500 mm. M = 1 : 40.

Pressungen an der weitesten und der engsten Stelle fest. Sieht man von dem unwesentlichen Reibungsverluste zwischen beiden nahe aneinander gelegenen Meßstellen ab (von der Geringfügigkeit desselben kann man sich durch die in Abt. I, S. 93 angegebene Berechnung leicht überzeugen) und bezeichnet mit F_0 den Normalquerschnitt des Rohres, mit F_1 den Querschnitt an der engsten Stelle (s. Fig. 545) so muß, unter v_0 und v_1 die der durchströmenden Wassermenge Q entsprechenden Geschwindigkeiten in den betreffenden Querschnitten verstanden, sein:

$$Q = F_0 v_0, \quad Q = F_1 v_1, \text{ also } v_0 = \frac{Q}{F_0}, \quad v_1 = \frac{Q}{F_1}.$$

Legt man die Rohrachse des Messers horizontal, so wird nach der in Abt. I, S. 93 abgeleiteten Formel 1) mit $B - B_0 = 0$, $h - h_0 = 0$:

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} = \frac{p_0 - p_1}{\gamma} = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{F_0^2 - F_1^2}{F_0^2 F_1^2}\right) = H_0 - H_1,$$

wenn $H_0 = \frac{p_0}{\gamma}$, $H_1 = \frac{p_1}{\gamma}$ die an der weitesten und an der engsten Stelle gemessenen Wassersäulenhöhen sind. Man erhält hieraus ohne weiteres:

$$Q = \sqrt{\frac{2g\, F_1^2 F_0^2 (H_0 - H_1)}{F_0^2 - F_1^2}}.$$

Ist nun — wie bei dem Venturi-Messer üblich — der Querschnitt $F_0 = 9 \,.\, F_1$, d. h. verengt sich das Rohr im Maximum auf ein Drittel der ursprünglichen Weite, so wird

$$\sqrt{\frac{F_0^2}{F_0^2 - F_1^2}} = \sqrt{\frac{81}{80}} = 1{,}00623$$

und es ist dann:

$$Q = 1{,}00623\, F_1 \sqrt{2g\,(H_0 - H_1)} = 4{,}4575 \,.\, F_1 \sqrt{H_0 - H_1}.$$

Die Verwertung dieser Formel an Venturi-Messern hat, mit direkten Messungen verglichen, zufriedenstellende Übereinstimmung ergeben [65]. Zur richtigen Dimensionierung des Apparats muß gegeben sein:

1. Die Lichtweite D_0 des Rohrs, entsprechend dem Querschnitt F_0 der Leitung, durch welche das zu messende Wasser zuströmt bezw. abläuft. 2. Die größte Pressung über der Rohrachse des Messers (der hydrostatische Druck daselbst, d. h. die Pressung für $Q = 0$). 3. Die maximale und die minimale zu messende Wassermenge.

Der Messer erhielt den Namen von Venturi (vgl. das in Abt. I, S. 26 unter [102] angeführte Werk) in Rücksicht auf das von diesem Schriftsteller entlehnte Prinzip. Er ist patentiert (D. R.-P. Nr. 47 750) und zur Zeit noch etwas teuer, bietet aber anderen Einrichtungen zum Messen großer Wassermengen gegenüber bedeutende Vorzüge. Letztere bestehen in erster Linie in der Einfachheit der Konstruktion, in der Anwendbarkeit auf Rohrleitungen von 150 Millimeter Lichtweite aufwärts bis zu jeder beliebigen größeren, und in dem Umstande, daß kein beweglicher Teil des Messers mit dem Wasser in Berührung steht. Die Aufzeichnungen des Wasserdurchflusses können durch Diagramme oder durch ein Zifferblatt registriert werden und es ist ermöglicht, diese Aufzeichnungen auf weite Entfernungen hin elektrisch zu übertragen. Der Apparat für die Aufzeichnungen ist beschrieben in [66]; er kann — ohne elektrische Übertragung — bis zu 300 Meter entfernt von dem Messer aufgestellt werden und ist eingerichtet für Diagrammkarten zu einem Tage bis zu einer Woche (vgl. auch [42], [43], [49], [58], [65], [90] und D. R.-P. Nr. 87 647.

Die Venturi-Messer werden unter anderen von George Kent in London zu nachstehenden Preisen angefertigt:

Lichte Weite Engl. Zoll	mm	Mit wöchentl. Diagramm und jeweiliger Durchfluß-anzeige rund Mk.	Mit wöchentl. Diagramm, jeweiligem Durchfluß und Gesamtdurchfluß rund Mk.
3	76	1170	2550
4	102	1230	2660
5	127	1390	2830
6	153	1640	2960
7	178	1840	3180
8	204	2040	3270
9	228	2250	3380
10	254	2450	3590
12	305	2780	3900
15	380	3240	4350
20	510	4140	5250
30	760	5250	6400
40	1020	7380	8500
48	1220	8620	9700

Venturi-Messer fertigt in Deutschland die Pirmasenser Wasserleitungs-Aktiengesellschaft in Pirmasens, Rheinpfalz.

In Amerika werden Venturi-Messer häufig angewendet, so neuerdings in Rio de Janeiro [90] an 20 verschiedenen Zuleitungsstellen des Nutzwassers.

II. Die bewegten Wassermesser sind im wesentlichen Motoren, deren Nutzarbeit in dem Betriebe eines Uhrwerkes oder Umdrehungszählers besteht*). Man kann sie in der Hauptsache einteilen in Raummesser und Geschwindigkeitsmesser; bei den ersteren benutzt man die Aufzeichnung der Anzahl Füllungen eines bestimmten Raumes, bei den letzteren die Anzahl der Umdrehungen eines Rades zur Bestimmung der Wassermenge. Zu den Raummessern gehören auch die sogenannten Kapselwerke (analog den Gasmessern), die Membranwassermesser und die Scheibenwassermesser. Bei den Geschwindigkeitsmessern, die auch als Rotationsmesser, Flügelradmesser, Turbinenwassermesser etc. bezeichnet werden, unterscheidet man, je nachdem das Zeigerwerk im Wasser läuft oder nicht, Naßläufer und Trockenläufer. Außerdem gibt es bei Geschwindigkeitsmessern sogenannte Wassermesserverbindungen, bei welchen große und kleine Apparate nebeneinander zur Messung benutzt werden. Die Bedingungen, welche ein guter Wassermesser erfüllen soll, sind folgende:

1. Möglichst große Genauigkeit der Messungen unter allen Umständen und auf die Dauer.
2. Durchlaßfähigkeit innerhalb weiter Grenzen.
3. Geringer Druckverlust beim Wasserdurchlasse.
4. Einfachheit und Dauerhaftigkeit der Konstruktion und ihrer Einzelteile, Widerstandsfähigkeit derselben für die bestehenden — im allgemeinen sehr wechselnden — Druck- und Betriebsverhältnisse, Einfachheit der Reparatur, sowie des Ein- und Ausbaues, möglichste Frostsicherheit.
5. Sicherheit gegen Infektion.

*) Über den historischen Teil der Wassermessung und der hierzu verwandten Instrumente gibt Grahn in seiner Statistik der städtischen Wasserversorgungen, München 1878 (geschichtliche Einleitung, S. LXXV bis LXXVII), eine bis 1875 reichende Auseinandersetzung; weiteres ist für jedermann aus dem Patentverzeichnisse bezw. den Patentschriften leicht ersichtlich, worauf wir verweisen.

6. Leichte Ablesbarkeit der durchgeflossenen Wassermengen.

7. Mäßige Anschaffungs- und Unterhaltungskosten.

Berücksichtigt man, welchen großen Einfluß die Druckverhältnisse einer Leitung, der im allgemeinen unregelmäßige Wasserdurchfluß, die mehr oder minder hohe Temperatur und Beschaffenheit des Wassers hinsichtlich Reinheit, die verschiedene Behandlung der Meßinstrumente, der Ort ihrer Aufstellung etc. ausüben, so ersieht man ohne weiteres die Schwierigkeit der gleichzeitigen Erfüllung aller vorstehenden Bedingungen ein. Im allgemeinen (vgl. dazu auch [1], [2], [3], [4], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [14], [15], [17], [18], [28], [28 a], [30], [35], [36], [44], [45], [46], [53], [56], [68], [69], [79]) ist folgendes zu bemerken:

Ad 1. Eine möglichst große Genauigkeit der Messung unter allen Umständen sollten, ihrer Konstruktion entsprechend, die Raumwassermesser zeigen. In der Tat: wäre die Gewähr dafür geboten, daß das Wasser diese Apparate nur verlassen kann, wenn es vorher einen Raum bestimmter Größe vollständig erfüllt hat, ohne Gelegenheit zum Entweichen auf anderem Wege zu finden, so müßte jeder Tropfen des durchgeflossenen Wassers gemessen werden. Allein es ist nicht möglich, derartige Apparate auf die Dauer vollständig dicht zu erhalten; durch Maßnahmen in diesem Sinne vermehrt man die Reibung bei der Bewegung und bewirkt eine raschere Abnutzung sowie große Druckverluste beim Durchgange des Wassers. Übrigens sind die Verluste durch Undichtigkeiten bezw. die allmähliche Abnutzung infolge der notwendigen hin und her gehenden Bewegung gewöhnlich nicht sehr bedeutend, so daß zweifellos die Raummesser Angaben liefern, die der absoluten Genauigkeit sehr nahe kommen. Ganz besonders hervorzuheben ist, daß auch der Durchfluß sehr kleiner und sehr großer Wassermengen von einem und demselben Raummesser gleich richtig registriert wird. Die uns bis jetzt bekannten Raummesser sind indessen ohne Ausnahme teure Maschinen, ihre Instandhaltung ist ebenfalls kostspielig, sie nützen sich rascher ab als die Geschwindigkeitsmesser, verursachen größere Druckverluste, gehen selten ohne störendes Geräusch und sind schwere, große, unbequem zu handhabende Apparate. Tritt durch Versagen solcher Messer Stillstand ein, so ist sofort dem ganzen Versorgungsobjekte das Wasser entzogen im Gegensatze zu den Geschwindigkeitsmessern, bei welchen in diesem Falle der Durchfluß unbeanstandet — allerdings ungemessen — weitergeht. Je mehr indessen die Vervollkommnung der Raummesser fortschreitet, umsomehr kommen jene Städte, welche sehr hohe Einheitspreise für das Wasser erheben müssen, auf dieselben zurück, weil es in diesem Falle von erheblicher Bedeutung sein kann, zu verhindern, daß Abonnenten durch langsames Ausfließenlassen des Wassers sich auf Kosten der Allgemeinheit Vorteile verschaffen. Man wird sie deshalb überall dort mit Vorteil verwenden, wo die jährlichen Mehrkosten (Verzinsung, Amortisation, Unterhaltung der Raummesser) gegenüber jenen anderer Apparate im richtigen Verhältnis stehen zu dem Werte der damit geübten schärferen Kontrolle [63], [83], [84], [86], [87], [91], [92]. Wo aber der Wasserpreis relativ klein und die zu Verfügung stehende Wassermenge bedeutend ist, so daß eine absichtliche Schädigung des Wasserwerks durch langsames Laufenlassen für die fiskalischen Einnahmen praktisch unerheblich wird, d. h. wo die jährlichen Mehrkosten für Raummesser gegenüber Geschwindigkeitsmessern mehr betragen würden als der Verlust an Wasserzins durch die Schädigung infolge nicht gemessener Entnahmen, empfehlen sich die Geschwindigkeitsmesser, deren Anschaffungspreis etwa die Hälfte bis ein Fünftel des Preises der Raummesser beträgt und die auch geringere Unterhaltungskosten erfordern. Der Natur der Sache nach zeigen indessen Geschwindigkeitsmesser bestimmter Größe nur für eine ganz bestimmte Wassermenge genau, ähnlich wie z. B. auch die Turbinen nur für bestimmte Triebwassermengen den größten Nutzeffekt abgeben. Wird die Wassermenge größer oder kleiner, so wird der Nutzeffekt geringer. Infolgedessen sind umgekehrt die durchgeflossenen Wassermengen nicht mehr genau proportional der Zahl der Umdrehungen bezw. der Durchflußgeschwindigkeit, die in dem Zählwerk dieser Messer in die Erscheinung treten; dazu kommt noch, daß sehr kleine Durchflußmengen überhaupt nicht mehr angezeigt werden, d. h. ungemessen durchfließen, sobald die Energie des durchfließenden Wassers kleiner ist als die zur Erzeugung der Bewegung und Überwindung der Reibung im Zählwerke des Messers sowie sonstiger Widerstände erforderliche Arbeit. — Zufolge der beim Durchflusse des Wassers durch Geschwindigkeitsmesser entstehenden Energie hat das System auch den weiteren Nachteil, daß das Zählwerk nicht immer sofort stillsteht, wenn das Wasser zu fließen aufhört, bezw. der Auslauf geschlossen wird. Dieser Nachteil ist unter besonderen Umständen recht empfindlich, z. B. beim Pumpenbetrieb, wo das Wasser stoßweise (mit wechselndem Druck) durch den Messer gedrückt wird, oder bei raschem Öffnen und

Schließen der Auslaufhähne etc.; er ist unerheblich bei freiem, gleichbleibendem oder bei nur allmählich ohne Stoßwirkungen sich änderndem Auslaufe des Wassers. Die Nachteile des wechselnden Drucks in der Leitung, insbesondere das Zurückfließen des Wassers bei abnehmendem Drucke vor dem Messer (vgl. a. S. 336 u. [37], [38], [48], [64], [67]) sind in der neuesten Zeit dadurch gemildert bezw. behoben, daß die Messer auf Rückregistrierung eingerichtet werden (D. R.-P. Nr. 89077, Andrae). Vorher schon hat man diese Nachteile durch Ventile (vgl. [48], [64], [67]) zu beseitigen gesucht. Die Genauigkeit im Aufzeichnen des durchgeflossenen Wassers kann bei jedem Geschwindigkeitsmesser innerhalb bestimmter Grenzen geregelt werden, wofür fast jedes System besondere Einrichtungen hat. Die kleinste, noch annähernd richtig angezeigte Durchlaufmenge ist der Gradmesser für die *Empfindlichkeit* des Apparats; diese Wassermenge kann umso kleiner sein, je geringer die Reibungswiderstände im Gangwerke und je geringer die für den Antrieb des letzteren erforderliche Energie sich gestalten. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß die kleineren Kaliber empfindlicher sind als die großen. Festgestellt wird die Empfindlichkeit durch Versuche und Beobachtungen an eingebauten Messern.

Die unvermeidlichen Abweichungen der Angaben von Wassermessern gegenüber den wirklich durchgeflossenen Wassermengen werden durch das Zugeständnis einer sogenannten „*Toleranz*“ seitens der Besteller an die Lieferanten berücksichtigt. Diese Toleranz beträgt in den meisten Lieferungsbedingungen $\pm$ 3 Prozent, d. h. die Wassermesser dürfen 3 Prozent mehr oder weniger anzeigen, als sich auf der Probierstation (s. u.) durch Eichung ergibt, ohne daß sie beanstandet werden. Einige Städte, so z. B. in neuester Zeit Hamburg, gehen bis zu $\pm$ 5 Prozent, allerdings bei obligatorischer Einführung von Wassermessern [91].

Ad 2. Die Durchlaßfähigkeit der Wassermesser hängt im wesentlichen *von ihrer Größe* bezw. davon ab, welche Umdrehungszahl oder Geschwindigkeit überhaupt zulässig ist. Volummesser, welche in Deutschland nur ausnahmsweise (bei Dampfkesselspeisung etc.) im Gebrauche sind, werden in Paris (und in Frankreich überhaupt) für die folgenden Durchlaßmengen pro Stunde hergestellt (angezeigte Maxima und Minima):

1.	Solche	mit	einem	Ergebnis	von	3000	Liter	im	Maximum	und	2	Liter Minimum.
2.	„	„	„	„	„	5000	„	„	„	„	3	„ „
3.	„	„	„	„	„	10 000	„	„	„	„	4	„ „
4.	„	„	„	„	„	20 000	„	„	„	„	6	„ „
5.	„	„	„	„	„	30 000	„	„	„	„	8	„ „
6.	„	„	„	„	„	60 000	„	„	„	„	12	„ „
7.	„	„	„	„	„	120 000	„	„	„	„	15	„ „

Die Messer müssen im stande sein, diese Wassermengen in der Stunde bei 3 Atmosphären Pressung gleichmäßig und dauernd durchzulassen und zu messen. Innerhalb dieser sehr weiten Grenzen zeigen sie richtig, und das ist eben ihr großer Vorzug. Kein Wassermesser wird in Paris geduldet, der 30 Liter oder mehr gleichmäßig durchlaufendes Wasser pro Stunde ungemessen läßt*).

Der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern teilt die Wassermesser neuerdings ebenfalls nach Durchlaßfähigkeit ein [68]; bestimmt wird hier als Maximalwassermenge jene, welche bei 10 Meter Druckverlust pro Stunde gleichmäßig durchfließt, und es sind folgende Abstufungen angenommen:

	2000	3000	5000	7000	10 000	20 000	Liter pro Stunde
entsprechend	10	15	20	25	30	40	Millimeter Lichtweite
oder	$^3/_8$	$^1/_2$	$^3/_4$	1	$1^1/_4$	$1^1/_2$	Zoll engl.

der Ausströmungsstutzen und Einströmungsstutzen. In den deutschen Normalien [68] ist aber die minimale Durchlaßfähigkeit, bei welcher noch Bewegung des Zählwerks stattfindet, nicht angegeben, weil diese bei Geschwindigkeitsmessern sich nicht so gut vorschreiben läßt wie bei den Raummessern. Sie beträgt indessen bei den meisten Systemen:

für Messer von	10	15	20	25	30	40	Millimeter Lichtweite
rund	15	21	33	42	55	100	Liter pro Stunde
oder ca.	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	Prozent

der im Maximum durchzulassenden Wassermenge.

*) Zugelassen sind in Paris (nach Bechmann, Distributions d'eau et assainissement, Paris 1898) die Kolbenwassermessersysteme: Kennedy (1 Zylinder), Frager (2 Zylinder), Samain-Badois (4 Zylinder), Frost-Tavenet (1 Zylinder), Kern (1 Zylinder), Schreiber (2 Zylinder), Frager (2 Zylinder) Modelle 1883. In beschränkter Anzahl sind zugelassen: Samain (Modell 1892), Rostagnat, Mathieu, Lambert, Étoile.

Ad 3. Wie oben bereits angedeutet, sollen die angegebenen Maximaldurchflußmengen höchstens etwa 10 Meter Druckverlust verursachen, d. h. es darf der Wassermesser zur Überwindung sämtlicher hydraulischer und mechanischer Widerstände nicht mehr als eine Pressung von rund 1 Atmosphäre in Anspruch nehmen. Der Druckhöhe von 10 Meter entspricht eine theoretische Ausflußgeschwindigkeit $v = 14$ Meter-Sekunde; ohne Rücksicht auf Energieverlust, Reibungswiderstände etc. in den Wassermessern würde sich also als unerreichbare Grenze für die Ausflußmenge Q mit der ebengedachten Geschwindigkeit $v = 14$ Meter ergeben:

Lichtweite d	=	10	15	20	25	30	40 Millimeter
Querschnitt f	=	0,00785	0,0176	0,0314	0,0490	0,0706	0,1256 qdcm
$Q = 14 \,.\, f \,.\, 10$	=	1,099	2,45	4,40	6,90	9,90	17,60 Litersekunde
oder pro Stunde	=	3900	8800	15 800	25 000	35 000	63 000 Liter.

Das sind etwa die 2- bis 3,5fachen Werte der vorhin angegebenen, und man sieht, daß der bei den dort festgesetzten maximalen Ausflußmengen gestattete Druckverlust reichlich hoch ist. Prüft man in der Tat einen neuen Wassermesser auf den Druckverlust, der bei den oben festgesetzten Durchflußmengen entsteht, so ergibt sich bei allen guten Systemen, insbesondere bei allen Flügelwassermessern ein erheblich kleinerer Druckverlust als 10 Meter.

Im übrigen ist der Druckverlust bei einem Messer bestimmter Lichtweite d abhängig von der durchfließenden Wassermenge und der Konstruktion des Messers, insbesondere der Beschaffenheit des Schutzsiebs und der Reguliervorrichtungen, der Art des Motors (Kolben, Flügelrad etc.) bezw. der zum Antrieb desselben erforderlichen Energie, den Reibungswiderständen am Motor und im Zählwerke, sowie bei der Bewegung des Wassers selbst innerhalb des Messers vom Einlauf bis zum Ablauf etc. Die Druckverluste, wie sie an den neuen Wassermessern bei verschiedenen Durchflußmengen versuchsweise ermittelt werden können, bleiben unter sonst gleichen Umständen im Betriebe nicht dieselben, sondern nehmen im allgemeinen mit der mehr oder weniger sich verändernden Beschaffenheit des Triebwerks zu. Sie sind bei Kolbenwassermessern größer als bei Geschwindigkeitsmessern. Einzelne Systeme, wie die Trommelwassermesser, die Flügelmesser nach Woltmannschem System u. a., zeigen die verhältnismäßig kleinsten Druckverluste.

Hat man es mit einer Wasserversorgung zu tun, bei welcher nur ein kleiner Betriebsdruck besteht (künstliche Wasserhebung), so kann der Druckverlust im Wassermesser eine große Rolle spielen und über das anzuwendende System bezw. über das Kaliber entscheiden. Wählt man das größere Kaliber, so sind selbstverständlich bei gleichen durchströmenden Wassermengen die Druckverluste erheblich kleiner; dafür muß man aber anderseits bei Geschwindigkeitsmessern auf die Genauigkeit der Feststellung kleinerer Wassermengen verzichten. In der Regel steht jedoch bei den Wasserversorgungen ein Betriebsdruck von 4 Atmosphären und mehr zur Verfügung und dann ist es — wenigstens für die Privatwasserleitungen — ohne große Bedeutung, wenn der Wassermesser für seine Betätigung eine Druckhöhe bis zu maximal 10 Meter erfordert. — Hat man für einige Wassermessersysteme durch Versuche die Beziehungen zwischen Durchflußmenge und Druckverlust bei bestimmten Lichtweiten ermittelt, so wird es nicht schwer sein, die richtige Wahl entsprechend den Bedingungen des besonderen Falles zu treffen. Man hat bei den Geschwindigkeitsmessern vielfach die Naßläufer als jene Instrumente bezeichnet, welche ihrer Anordnung wegen geringere Druckverluste verursachen als die Trockenläufer, bei denen die Stopfbüchse für die Übertragungsspindel den Reibungswiderstand des Zählwerks vermehrt. Theoretisch ist dies ja auch einleuchtend; praktisch zeigt sich indessen kein belangreicher Unterschied. Es soll dies hier bemerkt werden, um Vorurteilen in dieser Hinsicht den Boden zu entziehen.

Ad 4. Hinsichtlich Einfachheit der Konstruktion und Solidität der Ausführung von Flügelradwassermessern stehen die deutschen Fabriken [94] heute in erster Linie; es werden fast ohne Ausnahme gute Wassermesser gebaut. Das Material für die Gehäuse der kleineren Wassermesser bis 40 Millimeter Lichtweite ist in der Regel Bronze, selten und nur für größere Durchmesser Gußeisen. Die Einbauten in den Messern bestehen aus sehr verschiedenem Material: Bronze, Deltametall (eine Legierung von Kupfer und Zink mit zirka 3 Prozent Eisen, die goldähnlich glänzt, fest wie Stahl ist und weder Rost noch Grünspan ansetzt), Nickel und Nickellegierungen, Hartgummi, Zelluloid etc., je nach den Erfahrungen, welche die Erbauer mit ihren Systemen im Laufe der Zeit machten. Von Metall werden in der Regel diejenigen Werkteile angefertigt, die aneinander reiben, wie die Räder des Zählwerks, die Zapfen, die Spindeln und ihre Lager. Zu den Spurlagern der Flügelradwelle, welche die meisten Umdrehungen in jedem Wassermesser macht, wird Achat oder ein anderer Edelstein verwendet. Von Hartgummi sind diejenigen Teile, die sich nicht reiben, z. B. die Behälter der Werksätze, die Flügelräder, die Zeiger u. a.; von Zelluloid die Zifferblätter, letztere auch noch vielfach von emailliertem Messingblech. Email mit Bleiweiß verursacht bei schwefelhaltigem Wasser ein Schwarzwerden der Zifferblätter (Schwefelblei).

Für einfachen Ein- und Ausbau eignet sich bei kleineren Messern bis 40 Millimeter Lichtweite die Holländerverschraubung (s. Fig. 546), welche sich den Krümmungen der meist schmiedeeisernen Hausleitungen bequem anpaßt, auch am schnellsten gelöst und ebenso schnell wieder verbunden werden kann. Bei größeren Messern treten die normalen Flanschenverbindungen ein, und um in einer starren Leitung ohne weiteres Auswechslungen vornehmen zu können, empfiehlt es sich, den Wassermesser an einen Bogen zu setzen, welcher leicht aus der Leitung entfernt und wieder eingefügt werden kann. Bei vielen Hausleitungen ist dies auch an und für sich angezeigt, da sie direkt nach der Einführung in das Gebäude doch irgend eine Wendung seitwärts oder nach oben machen müssen. Alle Wassermesser müssen g e n a u w a g r e c h t aufgestellt werden, wenn sie richtig zeigen sollen.

Um die Möglichkeit des Einbaues von Wassermessern verschiedenen Ursprungs in eine Leitung zu sichern, hat der Verein deutscher Gas- und Wasserfachmänner Normalien über die Baulängen der Wassermesser angenommen, nach welchen alle neueren Apparate auch angefertigt werden (s. weiter unten). Trotzdem kann es vorkommen, daß an Stelle eines alten, noch nicht nach den Normalien gebauten Messers ein neuer zu setzen ist, der eine abweichende Baulänge besitzt, oder daß Neukonstruktionen entstehen, die eine noch größere Baulänge als die normale haben. In diesen Fällen ist es gut, wenn mit jedem Wassermesser irgendwelcher Bauart ein beliebiges, jedoch nicht zu kurzes Paßstück (meist 300 Millimeter Baulänge) neben dem Wassermesser in die Leitung eingefügt wird, das ausgewechselt, bezw. durch ein passenderes, kürzeres oder längeres, ersetzt werden kann, ohne daß die übrige festliegende, meist untermauerte, eingemauerte oder sonst mit Rohrschellen, Trägern etc. befestigte Leitung verändert zu werden braucht. Die von dem Verein deutscher Gas- und Wasserfachmänner angenommenen Normalien für Wassermesser verwenden als Normbezeichnung nicht den lichten Durchmesser des Wassermesserein- und -ausgangstutzens, sondern die maximale Durchlaßfähigkeit des Wassermessers bei 10 Meter Druckverlust, gemessen in der Rohrleitung vor und hinter dem Messer. Die Größe der Durchlaßfähigkeit wurde entsprechend den weitaus am meisten benötigten Kalibern in den Grenzen zwischen 2 und 20 Kubikmeter pro Stunde festgesetzt. Es wurden auf diese Weise für die handelsüblichen Wassermesser nur drei Typen gebildet, statt der früheren sechs, deren Ein- und Ausgangstutzen 10, 15, 20, 25, 30 und 40 Millimeter inneren Durchmesser, entsprechend $^3/_8$, $^1/_2$, $^3/_4$, 1, $1^1/_4$, $1^1/_2$ Zoll engl. hatten (vgl. S. 390). Größere Messer sind nicht normalisiert.

N o r m a l i e n f ü r W a s s e r m e s s e r,
aufgestellt vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern
1899 zu Frankfurt a. M.

Typen der Wassermesser	Benennung der Wassermesser-typen	Durchlaßfähigkeit bei 10 m Druckverlust in Kubikm. p. Std.	Lichter Durchmesser der Ein- und Ausgangstutzen	Baulänge der Wassermesser	Gewinde für die Verschraubungen nach Whitworth (1841)			Bestimmungen für die Zifferblätter: Sämtliche Zeiger sollen sich in der gleichen Richtung drehen
					Äußerer Durchmesser	Kerndurchmesser	Anzahl Gänge auf 1 Zoll engl. = 25,4 mm	
		cbm	mm	mm	mm	mm		cbm
2, 3, 5	Zweier, Dreier, Fünfer	2, 3, 5	**20**	220	33,25	30,29	11	Type 2, 3 : Skala bis 1 000
7, 10	Siebener, Zehner	7, 10	**25**	260	41,91	38,95	11	„ 5, 7, 10 : „ „ 10 000
20	Zwanziger	20	**40**	300	59,61	56,66	11	„ 20 : „ „ 100 000

Für die Gewindenormalien sind außerdem durch Zeichnung mit Maßen normiert nach Fig. 546: drei Gewindenippel zur Herstellung der Gewinde, drei Verschraubungen für die drei Typen, zwei Paßstücke für kleinere Messer.

Zur Verhütung von Störungen bei Auswechslung von Wassermessern müssen diese vor und hinter sich durch Absperrschieber, Ventile oder Hähne getrennt werden können. Dies ist nicht nur etwa von dem Hauptabsperrschieber außerhalb des Gebäudes aus nötig, sondern auch im Inneren des Raumes und möglichst unmittelbar vor dem Wassermesser selbst, damit bei etwa tieferliegendem Wassermesser sich nicht die Zuleitung vom außerhalb befindlichen Hauptabsperrschieber ab ihres Inhaltes in den Wassermesserraum entleere. Aus dem gleichen Grunde muß der Wassermesser auch rückwärts gegen die aufsteigende Gebäudeleitung abgesperrt werden können. Ist eine längere Betriebseinstellung nicht angängig, so muß vorher ein genau passendes Einsatzstück oder ein neuer Wassermesser von der gleichen Baulänge bereitgehalten und nach Entfernen des Messers alsbald eingebaut werden. Ist überhaupt eine Betriebsunterbrechung unstatthaft (bei Dampfkesselbetrieben z. B. kann das Ausbleiben von Speisewasser zu Gefahren

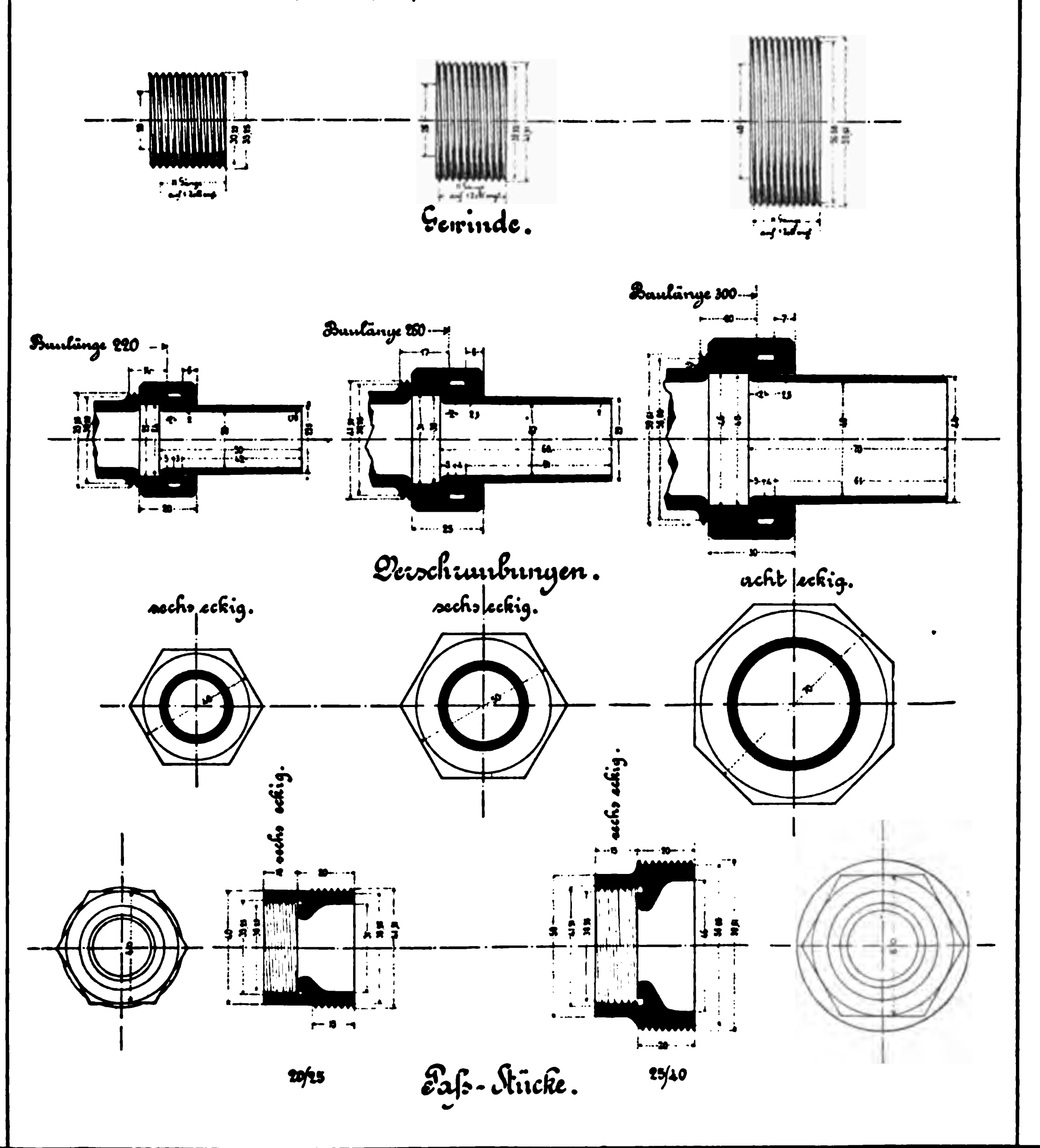


Fig. 516. Gewinde, Verschraubungen und Paßstücke zu Wassermessern.

Anlaß geben; auch die Kühlwasserleitungen der Gasmotoren können längere Unterbrechungen nicht ertragen u. s. w.), so muß durch vorher disponierte Umleitung für den ungestörten Wasserbezug Sorge getragen werden; vgl. hierüber Fig. 587, S. 426.

Zur Erzielung der Frostsicherheit ist das einfachste Mittel, den Wassermesser in einen frostfreien Raum zu setzen, sei es in den Keller, in einen Schacht oder überhaupt so tief unter die Bodenoberfläche, daß die Frostgefahr ausgeschlossen ist. In Gebäuden ergibt sich von selbst durch die 1,5 bis 2 Meter tiefe Einführung der Wasserleitung eine frostsichere Lage für den Wassermesser, wenn dieser im Keller oder Souterrain möglichst nahe der Einführungsstelle Platz finden kann, was in der Regel der Fall ist. Müssen ausnahmsweise die Wassermesser in zugige Räume gesetzt werden, in welchen eine Frostgefahr nicht ausgeschlossen ist, so sind sie durch Verkleidungen, Umhüllungen, Schutzkästen möglichst gegen Frost zu sichern. Wassermesser für Springbrunnen, Gärten und Höfe etc. erhalten einen besonderen Wassermesserschacht, der ähnlich wie ein Hydrantschacht angelegt und oben mit eichenem Rahmen und Deckel geschlossen wird (siehe Fig. 591). Die Lage des Wassermessers darf im deutschen Klima und unter ähnlichen Verhältnissen in diesen Schächten nicht höher als 1,5 Meter unter Terrain sein; außerdem muß für die Winterzeit, wenn eine Benutzung des Wassermessers nicht zu erwarten ist, durch Anbringen eines Auslaufhahnes dafür Sorge getragen sein, daß die Leitung vor und hinter dem Wassermesser ganz von Wasser entleert werden kann. Schon aus diesem Grunde ist es notwendig, daß der Wassermesser stets die tiefste Stelle in einer Leitung erhalte. Übrigens soll auch dort, wo kein Frost zu fürchten ist, der Wassermesser am tiefsten Punkt der Leitung sitzen, damit sich Luftblasen in seinem Trieb- oder Zählwerk nicht festsetzen und den Gang beeinflussen oder das Ablesen erschweren. Es sind auch Konstruktionen entstanden, die durch Einfügen hohler dünnwandiger Körper in das Wassermessergehäuse bei eintretendem Frost die Ausdehnung des erstarrenden, sein Volumen vergrößernden Wassers aufnehmen sollen, indem sie sich leicht deformieren bezw. zusammendrücken lassen und dadurch den Wassermesser vor den Wirkungen des Frostes schützen. Sie sind jedoch nur in Ausnahmefällen empfehlenswert (vgl. auch D. R.-P. Nr. 109 781). — Es wird behauptet, daß nach Einfrieren eines mit Glasplatte abgedeckten Naßläufers beim Auftauen stets nur das Glas zerspringe, dagegen das Werk und das Gehäuse intakt bleiben; auch sei der Schaden durch etwa austretendes Wasser sehr klein, weil die Glasplatte nur einen wenig klaffenden Sprung erleide, während durch das Auftauen des Eises bei Trockenläufern Gehäuse und Werk stark deformiert, also beide unbrauchbar gemacht würden und überdies hierbei stets eine mächtige Überschwemmung entstehe. Die Behauptung würde, wenn unbestritten, einen großen Vorzug der Naßläufer gegenüber Trockenläufern in allen jenen Fällen, in welchen Frostgefahr nicht vollständig zu vermeiden ist, feststellen; die Richtigkeit derselben ist jedoch vielfach angezweifelt und jedenfalls durch die Erfahrung noch nicht ausreichend bewiesen worden.

Ad 5. Gegen Infektion, d. h. Verunreinigung des Wassers durch den Wassermesser ist die Wasserleitung dann ausreichend geschützt, wenn die Werkteile, die mit Wasser in Berührung kommen, aus einwandfreien Metallen oder Stoffen bestehen, die weder Anlaß zu Rost, Grünspan oder Zersetzungen irgendwelcher Art geben und auch keine Hohlräume besitzen, in denen das Wasser stehen bleiben und verderben kann. Dem ersteren Anspruch genügen die bekannten neueren Wassermesser, soweit es überhaupt möglich ist, ohne weiteres. Die noch hie und da auftauchende Meinung, der grüne Ansatz unter den Gläsern oder auf den Zifferblättern der Wassermesser sei giftiger Grünspan, ist durch chemische Analysen widerlegt worden; nicht der bekannte giftige Grünspan, der sich durch Berührung von Kupfer mit Essigsäure als essigsaures Kupferoxyd bildet, schlägt sich auf den Bronzeteilen der Wassermesser nieder, sondern der unechte Grünspan, eine kohlensaure Kupferoxydhydratschicht, die an jedem kupferhaltigen Gegenstand auch in gewöhnlicher Luft entsteht (Patina). Im Wasser befindliche Teile zeigen nur eine heller grün gefärbte Oberfläche. Der unechte Grünspan ist nur in Säuren löslich, in Wasser nicht, kann demnach von den Flächen, an welchen er sich angesetzt hat, durch Wasser nicht oder nur mechanisch entführt werden. Soviel bekannt geworden, haben die Wassermesser bis jetzt ebensowenig zu einer Infektion des Wassers in Leitungen Anlaß gegeben, als Absperrschieber, Ventile oder Hähne, deren Garnituren ebenfalls Kupfer enthalten. Übrigens werden heutzutage alle bronzenen Innenteile der Messer galvanisch vernickelt oder verzinnt, um sie vor Angriff des Wassers zu schützen. Vgl. D. R.-P. Nr. 179 796. Daß eine Infektionsgefahr durch Bakterien, die sich bei stillstehenden Wassermessern im Wasser entwickeln und vermehren können, vorhanden sei, hat seinerzeit R a u t e r t [47] widerlegt, worauf wir verweisen.

Ad 6. Die leichte Ablesbarkeit der durchgeflossenen Quantitäten wird nicht von allen Wassermessern gleichmäßig erreicht; die einen lassen sich zweifelfrei auch durch Ungeübte ablesen, die anderen bieten für letztere große Schwierigkeiten; manche sind ohne Anleitung überhaupt kaum zu entziffern. Abgesehen von denjenigen Fällen, in welchen durch Niederschläge oder Anfressungen entweder das Deckglas oder das Zifferblatt unleserlich wird (infolge saumseliger Kontrolle), erschwert namentlich der Umstand das Ablesen ganz bedeutend, daß die Reihenfolge der abzulesenden

Zahlen nicht immer in dem Sinne auf dem Zifferblatt steht, in welchem sie aufgeschrieben werden soll. In der Regel beginnt man bei einer mehrstelligen Zahl mit den höchsten Stellen der Ziffern von links nach rechts zu schreiben, wie man zu lesen pflegt; stehen auf dem Zifferblatt die betreffenden Zahlen aber in umgekehrter Reihenfolge verzeichnet, so entstehen leicht Irrtümer. Erschwert wird das Ablesen auch durch die verschiedenartige Drehrichtung der Zeiger zweier aufeinander folgender Klassenziffern, z. B. der Zeiger der Tausender-Kubikmeter in Fig. 547 dreht sich in der Uhrzeigerrichtung, der der nächsttieferliegenden Klasse: Hunderter-Kubikmeter hingegen dreht sich im entgegengesetzten Sinne. Befinden sich nun die Zeiger nicht genau auf einer

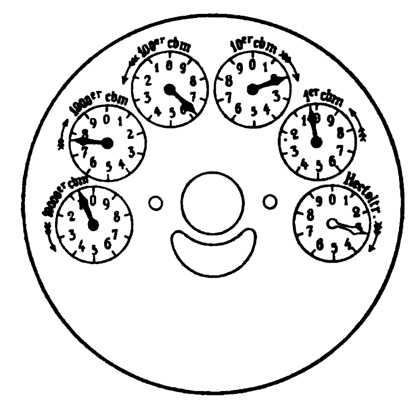



Fig. 547. Nicht empfehlenswerte Anordnung eines Zifferblattes für Wassermesser.

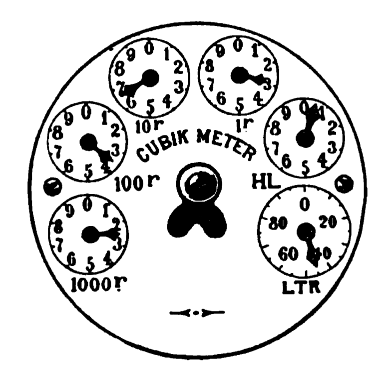


Fig. 548. Leicht ablesbares Zifferblatt.

Ziffer, sondern zwischen zwei Ziffern, so wird für den noch nicht Geübten leicht ein Irrtum entstehen können, indem er der Gewohnheit folgend die im Uhrzeigersinne vorher stehende Ziffer aufschreibt, was z. B. bei den Tausendern des obigen Falles richtig, bei den Hunderten unrichtig ist, u. s. f. Einige Systeme haben durch Einschalten eines Zwischenzahnrädchens zwischen zwei benachbarte Klassenzifferscheiben diesem Übelstand abgeholfen; bei diesen drehen sich (s. Fig. 548) sämtliche Zeiger wie bei der Uhr und sehen die einzelnen Zifferblätter auch denen der Uhren ähnlich, oben mit 0 beginnend nach rechts zu: 1, 2, 3 u. s. f., wodurch das Ablesen keinerlei Schwierigkeiten bereitet. Die Ablesung des in Fig. 548 gezeichneten Zifferblatts ergibt:

Zifferblatt:	1000er,	100er,	10er,	1er,	HL,	LTR	
	2	3	6	3	0	45	= 2363,045 cbm.

Es wäre sehr zu wünschen, daß sich sämtliche Systeme zu diesem einfachen Ableseverfahren bei der Herstellung der Zeigerwerke entschließen würden.

Ad 7. Die Anschaffungskosten der Wassermesser differieren um sehr hohe Beträge. Soweit aus den eingeholten Preislisten Preise überhaupt zu entnehmen waren, sind sie bei den betreffenden weiter unten beschriebenen Systemen angefügt; im übrigen sei hier nur angedeutet, daß sich die Kosten für einen 40 Millimeter weiten Wassermesser zwischen 58 Mark und 440 Mark bewegen. Die billigsten Systeme sind, wie schon eingangs erwähnt, die Geschwindigkeitsmesser (Rotationsmesser, Flügelradmesser); sodann folgen die Scheibenwassermesser, die zu den Raummessern gehören; die teuersten sind die Kolbenwassermesser. Bei den Flügelradmessern sind sämtliche Einzelteile fast ausschließlich auf der Drehbank, der billigst arbeitenden Werkzeugmaschine herzustellen und es kann nach dem Einsetzen dieser Einzelteile sofort mit dem Eichen des Wassermessers begonnen werden. Die Scheibenwassermesser, obwohl auch zum weitaus größten Teil auf der Drehbank hergestellt, haben nach dem Zusammensetzen des Werkes noch eine gewisse Einlaufperiode durchzumachen, bevor zur Eichung geschritten werden kann, da diejenigen Teile, welche aufeinander gleiten, um einen dichten Wasserabschluß zwischen dem zu- und abströmenden Wasser herbeizuführen, ihre Dichtheit erst gewinnen, wenn sie sich gegenseitig abgeschliffen haben, was eben mit dem sogenannten „Einlaufen" bezweckt wird. Dies verteuert die Herstellung. In weit höherem Maße unterliegen dieser Einlaufarbeit die Kolbenwassermesser, die außerdem noch Mechanismen zur Umwandlung der hin- und hergehenden Kolbenbewegung in eine meist rotierende Bewegung, welche zur Fortrückung des Zeiger- oder Zählwerks dient, benötigen. Diese Mechanismen können nicht alle auf der Drehbank hergestellt werden; sie müssen vielmehr durch Handarbeit ihre fertige Gestalt erlangen, wodurch die Arbeitslöhne anwachsen. Weiter sind die Zylinder und Kolben dieser Messer von tadellos dichtem Guß zu erstellen, wenn der Apparat genaue Resultate geben soll; die geringste Porosität im Material, die sich oft erst herausstellt, nachdem langwierige Bohrarbeit bereits geleistet ist, macht den Zylinder- oder Kolbenkörper unbrauchbar. Dies kommt

natürlich in den Herstellungs- bezw. Verkaufspreisen zum Ausdruck. Es läßt sich nun nicht ohne weiteres sagen: für einen einzigen Kolbenwassermesser kann man 7 bis 8 Flügelradwassermesser einbauen, also sind letztere vorzuziehen, denn es gibt viele Fälle, wo letztere eben nicht zur Verwendung gelangen können, oder falls sie doch verwendet werden, ganz unzuverlässige Resultate ergeben, wie z. B. bei den Speisewassermessern der Dampfkessel. Das Flügelrad hat, auch wenn es noch so leicht gebaut sein sollte, selbst wenn es im Wasser schwimmend erhalten würde, infolge seiner Masse und noch mehr zufolge seiner ungemein hohen Umdrehungsgeschwindigkeit, das Bestreben, den einmal erlangten Beharrungszustand nicht ohne weiteres zu ändern. Bei Dampfkesselspeisungen handelt es sich aber in der Regel um den Wasserdurchfluß, wie er von Speisepumpen geliefert wird, also um stoßweises Durchströmen, welchem das Flügelrad nicht in dem Maße folgen kann, wie die Stöße wechseln. Deshalb wird hier der Kolbenwassermesser oder einer der speziell für Dampfkesselspeisung angefertigten Speisewassermesser (s. unten) trotz höheren Preises das richtige Instrument sein. Wo allerdings auf Genauigkeit kein großer Wert gelegt wird, bleiben die billigen Flügelradwassermesser an der führenden Stelle. Die Unterhaltungskosten sind annähernd proportional den Anschaffungskosten; es muß jedoch ein Unterschied gemacht werden zwischen der eigentlichen Unterhaltung, d. h. der Erhaltung des betriebsfähigen Zustands eines Wassermessers im eingebauten Leitungsstrang und zwischen der Entfernung eines längere Zeit gelaufenen Messers, und Auswechslung gegen einen neuen Messer im Zusammenhang mit der Reparatur des ausgebauten Apparats.

Die Betriebskosten sind bei allen Wassermessersystemen nahezu die gleichen; es handelt sich dabei um die mit dem Wasserwerksbetriebe untrennbar verbundenen Reinigungen der Schlammsiebe, der Zifferblätter und der Deckgläser u. s. w. Vernachlässigung dieser Reinigungen führen zu falschen Angaben des Zählwerks, ja zum völligen Stillstand des Messers bezw. zur Unterbrechung der Wasserzufuhr. In erster Linie sind es die Schlammsiebe, welche durch mitgeführte Fremdkörper (meist Kordelschnüre, die sich aus den verbleiten und verkordelten Muffen lösen oder unachtsamerweise in den Röhren zurückgelassen wurden) verstopft werden; ferner erfolgen Verunreinigungen fester Art durch Niederschläge (Inkrustationen), welche die feinen Sieblöcher mit einer Kruste bedecken und so den freien Durchgangsquerschnitt verengen. Die nächste Folge dieser Verengungen ist eine geringere Durchlaßfähigkeit bei gegebenem Druck, so daß der Wassermesser, der für größere Durchflußmengen bestimmt ist, nunmehr geringere Quantitäten pro Zeiteinheit durchströmen läßt, die nicht mehr innerhalb seiner Empfindlichkeitsgrenze liegen. In der Praxis stellt sich dann der Fall so, daß zum Herauslassen einer bestimmten Wassermenge die Zapfstelle doppelt so lang geöffnet bleiben muß als bei unverstopftem Sieb. Gewöhnlich dauern diese Zustände, falls nicht regelmäßige periodische Revisionen (am besten alle 1 bis 2 Monate, je nach der Wasserbeschaffenheit) vorgenommen werden, so lange, bis die Entnahmestellen durch den Nachlaß der Leistungsfähigkeit darauf aufmerksam werden, indem sie ihren gewohnten Betrieb beeinträchtigt finden. Die Ursache wird dann nicht selten dem „Wassermessersystem“ zugeschrieben, während der „Messer“ selbst keine Schuld daran trägt; diese fällt lediglich auf den Mangel an Umsicht bei der Betriebskontrolle.

Die Belege der Zifferblätter und Deckgläser sind regelmäßig zu entfernen, obschon sie nicht direkt auf die Meßgenauigkeit von Einfluß sind. Von ihrer Beschaffenheit hängt das mehr oder weniger genaue Ablesen der durchgeflossenen Wassermengen ab; werden bei Differenzen in den Wasserzinsberechnungen die unrichtigen Ablesungen konstatiert, so ergeben sich gern ungerechte Urteile über das Wassermessersystem, wenn nicht freimütig die wahre Ursache: mangelhafte Aufschreibungen, zugestanden wird. Inwieweit die Trockenläufer, bei welchen das Zeigerwerk und die Ziffern nicht vom Wasser umspült sind, vor den Naßläufern einen Vorzug hinsichtlich dauernder richtiger Ablesemöglichkeit haben, muß dahingestellt bleiben. Bei den Naßläufern entsteht mit der Zeit allerdings ein Niederschlag auf der Innenfläche des Deckglases, der vom bespülenden Wasser herrührt; die Deckgläser der Trockenläufer, die wegen des Abhaltens von Staub über den Zeigerwerken angebracht werden müssen, sind anderseits vor Belag auch nicht sicher, da sich die bei Temperaturwechsel aus dem Zeigergehäuse bildenden Dünste wie ein feines Häutchen an dem Glas innen ansetzen und dieses mit der Zeit „blind“ machen.

Die eigentlichen Reparaturkosten treten bei Wassermessern erst auf, wenn trotz regelmäßig vorgenommener Reinigung eine Stockung im Werk oder ein Unrichtigzeigen eintritt, womit der Ausbau des Wassermessers notwendig wird. Inwieweit und weshalb ein Messer reparaturbedürftig wird oder welche Teile hiervon vorzugsweise betroffen werden, ist allgemein schwer vorherzusagen. So viel steht fest, daß der Mechanismus der Wassermesser selbst sehr selten Ursache der Reparatur ist; die bedeutenderen Fabriken senden ihre Werke gegenwärtig in einem sehr hohen Grade der Vollkommenheit auf die Verwendungsstellen. Meistens ist es das Wasser, welches durch die an allen Orten verschiedenen chemischen und mechanischen Beimengungen die stetig bespülten Werkteile in verschiedenartiger Weise angreift. Daher auch die mannigfaltigsten Anstrengungen der Fabriken, Messer aus einem möglichst gegen alle Wässer widerstandsfähigen Materiale anzufertigen.

Die Stadt Wien hat übersichtliche Zusammenstellungen hinsichtlich des Verhaltens im Betriebe mit acht verschiedenen Wassermessersystemen veranstaltet [28 a], aus welchen zu entnehmen ist, daß sich die verschiedenen Systeme prozentual nahezu gleichmäßig an den wahrgenommenen Gebrechen beteiligen. Einige der auf die vorkommenden Gebrechen bezüglichen Zahlen dürften von Interesse sein:

Gesamtzahl der in einem Vierteljahr zur Ablesung gelangten Messer	7903	
„ der im gleichen Zeitraum aufgedeckten Gebrechen	526	
In Prozenten der abgelesenen Wassermesser	6,65	
Hierunter wurden beanstandet wegen:		
1. Stillstands	1,50	Prozent.
2. Zeitweisen Stillstands	0,14	„
3. Stillstands der höheren Zeiger oder Scheiben	0,30	„
4. Unempfindlichkeit	1,20	„
5. Vibrieren der Zeiger, ungleichmäßiger Gang	0,04	„
6. Rasseln des Werks oder Streifen des Flügels	1,07	„
7. Eindringens von Wasser in den Zählwerksraum (bei Trockenläufern)	0,55	„
8. Unablesbarkeit infolge Verschmutzung	0,98	„
9. Unablesbarkeit infolge verblaßter Ziffern	0,06	„
10. Unablesbarkeit ursächlich Blasen (Luftblasen)	0,53	„
11. Unrichtiger Zeigerstellung	0,15	„
12. Glassprung	0,18	„
13. Undichtheit	0,11	„

Die abgelesenen Wassermesser standen zum Teil seit 5 Jahren im Betrieb. — Soweit aus dieser Zusammenstellung Schlüsse auf die Ursachen der Gebrechen gezogen werden dürfen, läßt sich zunächst an der Höhe des Prozentsatzes bei Nr. 1, 4 und 6 ein Anhaltspunkt gewinnen; die übrigen Anstände sind belanglos. Nr. 1 zeigt 1,5 Prozent stillstehende Wassermesser, Nr. 4 zeigt 1,20 Prozent unempfindliche Wassermesser, Nr. 6 zeigt 1,07 Prozent rasselndes Werk und streifende Flügel. Diese drei Vergleichsziffern lassen einen ursächlichen Zusammenhang erkennen. Zunächst hat der Belag von Wasserstein oder anderem Niederschlag die Räder und Flügel so weit inkrustiert, daß die Zwischenräume sämtlich mit rauhen Flächen überzogen sind und ein eigentlicher freier Spielraum nicht mehr besteht. Dies bedingt die Beanstandung unter Nr. 6. Wurde bei der vorhergegangenen vierteljährlichen Revision diese Verlagerung noch nicht entdeckt, so entwickelt sie sich weiter und verursacht, weil rauhere Flächen die Widerstände vermehren, die Unempfindlichkeit des Wassermessers. Das ergibt den nächsthöheren Prozentsatz Nr. 4; dieser wiederum veranlaßt, wenn nicht entdeckt, eine weitere Inkrustation, die schließlich zum vollständigen Stillstand Nr. 1 führt. Die verhältnismäßig wenigen Fälle von zeitweisem Stillstand und Stillstand der höheren Zeiger dürfte weniger den Niederschlägen als zufälligen Ablagerungen von Fremdkörpern entstammen, wenn solche zwischen die Flügel oder das Räderwerk geraten und erst bei etwaigem Durchfluß großer Wassermengen sich wieder freimachen. Es beschränken sich, wenigstens bei den Flügelradwassermessern demgemäß auch die meisten Fälle von Reparaturen auf das gründliche Reinigen des Werkeinsatzes samt allen vom Wasser bespülten Teilen, was am einfachsten durch Eintauchen der inkrustierten Bestandteile in eine Mischung von Salz- und Salpetersäure und sofortiges Auswaschen in reinem Wasser erfolgt. — Wird beim Auseinandernehmen des Apparats der eine oder andere Bestandteil defekt gefunden, so ist jede Wassermesserprobierstation mit einer großen Zahl der am meisten gebräuchlichen Ersatzstücke, wie Spindeln, Zahnrädchen, Flügeln, Sieben u. a. versehen, deren Anschaffung eine verschwindend kleine Ausgabe verursacht.

Bei Volummessern, besonders bei Kolbenwassermessern, können die eigentlichen Reparaturkosten schon beträchtlich höher werden, namentlich wenn es sich um undicht gewordene Zylinder oder Kolben handelt, die infolge der mechanischen Abnutzung ausgewechselt werden müssen.

Konstruktion der Wassermesser.

Im nachfolgenden sind 7 Kolbenwassermesser, 4 Scheibenwassermesser, 12 Flügelradmesser, und schließlich noch 6 spezielle Speisewassermesser in Zeichnung und Beschreibung dargestellt bezw. samt deren etwaigen Nebenapparaten besprochen. Es ist selbstverständlich unmöglich, alle guten Konstruktionen hier vorzuführen; wir müssen bezüglich anderer Anordnungen auf die Literatur und die Patentschriften verweisen. Die prinzipiellen Unterschiede der Wassermessersysteme haben wir allgemein bereits besprochen; einzelnes ist den folgenden Erläuterungen noch vorangestellt.

1. Kolbenwassermesser. Diese vorzugsweise in Holland, Belgien und Frankreich eingeführten Wassermesser erfordern eine ganz besonders sorgfältige Konstruktion aller jener Teile, die abdichten müssen, wie Kolben, Stopfbüchsen etc. Hier tritt die große Schwierigkeit auf, daß einerseits vollkommene Dichtung, also strammes Anliegen der abdichtenden Konstruktionsteile verlangt wird, während anderseits möglichst geringe Bewegungswiderstände auftreten sollen — zwei einander entgegengesetzte Forderungen, deren befriedigende Erfüllung nur auf dem Wege des Kompromisses möglich ist. Nur langjährige Erfahrungen können hier entscheiden, welche Konstruktionen im speziellen Falle die zweckmäßigsten sind. Von ganz erheblichem Einflusse auf die richtige Wahl des Messers ist die Höhe des Betriebsdruckes im Versorgungsobjekt; es ist ja ein bekannter Übelstand der Kolbenmesser, daß sie bei geringen Pressungen leichter als die Messer anderer Systeme stehen bleiben und dann den Wasserbezug durch die Abonnenten unliebsam unterbrechen. Unter diesen Verhältnissen darf man nicht darüber erstaunt sein, daß noch heute an vielen Orten (vgl. z. B. Paris S. 390) nur gewisse Systeme von Kolbenwassermessern eingebaut werden dürfen und daß man sich dort gegen die Einführung neuer Systeme — die ja an sich vielleicht recht gut sein können — ablehnend verhält, weil die Erfahrungen über dieselben fehlen. Im übrigen sollte, wie wir bereits erwähnt haben, ein Kolbenwassermesser nur dann verwendet werden, wenn der Vorteil genauer Messung den aus Verzinsung des größeren Anschaffungspreises und den höheren Unterhaltungskosten sich berechnenden Mehraufwand gegenüber den wesentlich billigeren und bequemeren Geschwindigkeitsmessern rechtfertigt. Im folgenden behandeln wir die Kolbenwassermesser von Frager, Kent, Kennedy, Samain und Schmid; wegen dieser und anderer sei auf [1], [2], [4], [5], [8], [10], [19], [21], [23], [24], [26], [27], [46], [50], [69], [70], [73] und die D. R.-P. Nr. 3516, 8546, 10 666, 15 137, 15 285, 15 537, 20 219, 23 362, 25 686, 27 593, 30 710, 31 181, 41 411, 43 692, 44 739, 48 499, 49 450, 56 091, 56 465, 60 822, 64 168, 66 965, 69 302, 70 182, 70 744, 71 551, 71 593, 78 371, 80 164, 81 198, 83 282, 84 486, 84 725, 90 457, 91 107, 94 035, 98 573, 100 750, 120 034, 132 305, 133 692, 135 187, 135 645, 137 864, 140 388, 144 190, 145 930, 152 637, 163 062, 163 679, 174 403, 175495, 179926 verwiesen.

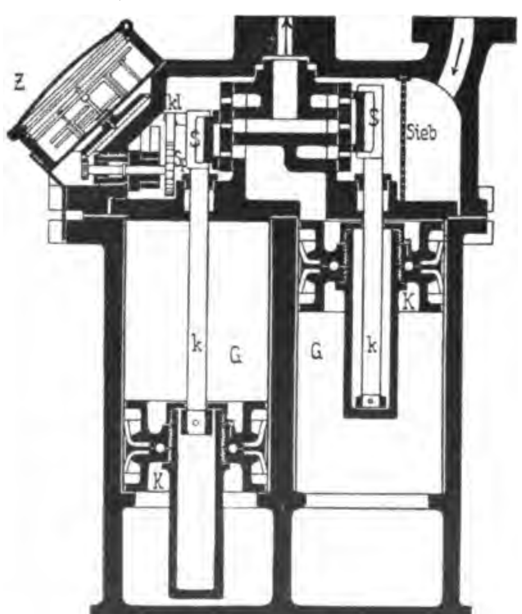


Fig. 549. Kolbenwassermesser Frager.

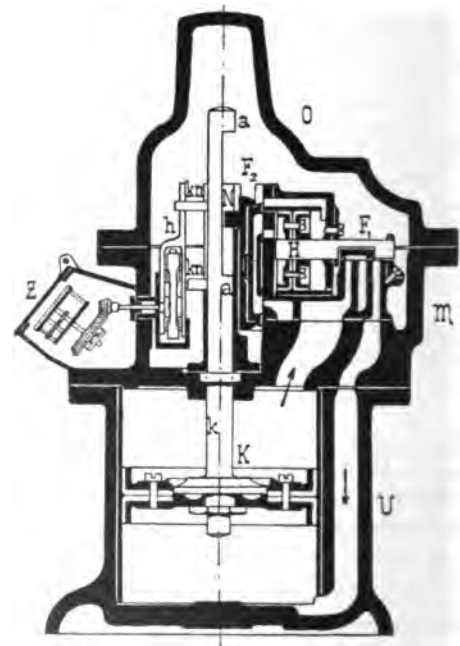


Fig. 550. Kolbenwassermesser Frost-Tavenet.

Fig. 549 zeigt den Kolbenwassermesser System Frager (zwei Kolben mit Lederstulpliderung). Derselbe besteht aus einem zweiteiligen Gehäuse *GG* und dem Zählwerk *Z*. Der untere Teil dient zur Aufnahme der beiden doppeltwirkenden Meßkolben *KK*. Die Steuerung wird nur vermittels Schieber *SS* in der Weise betätigt, daß der eine Kolben je die Steuerung des anderen umstellt. Da der Schieberweg bedeutend kleiner ist als der Kolbenhub, so wird durch die Anordnung der Kolbenstangen *kk* derart, daß sie nicht fest mit den Kolben verbunden sind, sondern nur an den Enden der Kolbenwege mitgenommen werden, erreicht, daß die Kolbenstange nur den Schieberweg mitläuft und zur richtigen Zeit, d. h. nahe am Ende des Kolbenhubes die Umsteuerung veranlaßt. Durch eine Klinke *kl* an einer der beiden Kolbenstangen wird die Bewegung durch ein Sperrrad *Sp* auf das Zählwerk *Z* übertragen. Diese Wassermesser sind in Paris in großer Anzahl in Verwendung und sollen sich gut bewährt haben.

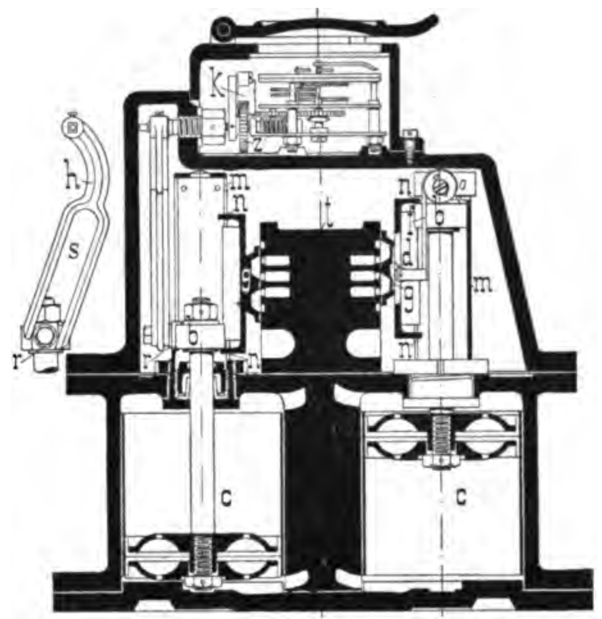


Fig. 550 zeigt den Kolbenwassermesser System Frost-Tavenet (ein Kolben mit Lederliderung). Dieser Wassermesser besteht aus drei Teilen, dem Ober-, Mittel- und Unterteil. Der untere Teil *U* dient zur Aufnahme des doppeltwirkenden Meßkolbens *K*, der mittlere *M* enthält die Steuerung und der obere Teil *O* dient als Deckel, welcher die Steuerung haubenförmig umschließt. Die Umsteuerung erfolgt durch einen Flachschieber F_1, welcher durch einen kleineren Hilfskolben *H* betätigt wird. Der Hilfskolben selbst wird durch einen Flachschieber F_2, dessen Nocke *N* durch zwei Anschläge *aa* an der Meßkolbenstange *k* mitgenommen wird, umgesteuert. Eine Knagge *kn* mitten an der Kolbenstange setzt durch einen Hebel *h* die Klinke eines Sperrrades und damit das Zählwerk *Z* in Bewegung; eine zweite Knagge *kn* weiter oben drückt den Hebel wieder herab, um ein Zurückbleiben zu verhindern. Der Wasserein- und -austritt ist vorn und hinten an Mittelstück *M*.

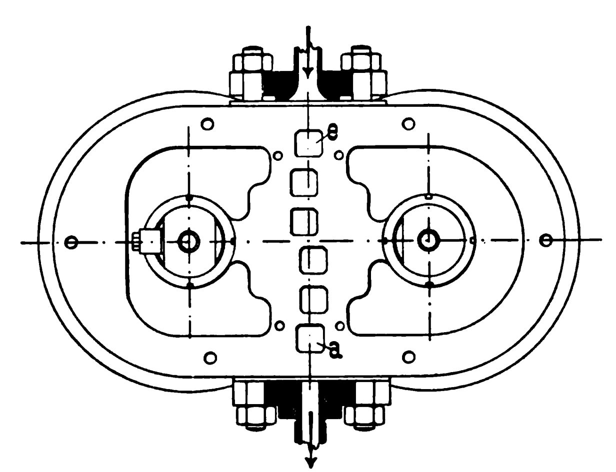


Fig. 551. Kolbenwassermesser Kent.

Rohrdurchmesser	7	10	15	20	30	40	60	80	100	Millimeter
Preis für 1 Stück	68	92	132	160	220	360	560	800	1920	Mark.

Fig. 551 zeigt den Kolbenwassermesser System Kent. Dieser Wassermesser besteht im wesentlichen aus zwei Teilen: dem Unterteil mit abnehmbarem Boden für die Aufnahme der Meßzylinder *cc* und dem Oberteil mit dem Zählwerk. Der Träger der Schieberspiegel *t* wird auf das Unterteil aufgeschraubt und vom Oberteil haubenartig überdeckt. Das Wasser tritt zunächst durch die Öffnung *e* (s. Grundriß) in das Oberteil ein und wird durch die Verteilungsschieber *g* so auf die Deckel- bezw. Bodenseite der doppeltwirkenden Kolben gesteuert, daß sich der eine Kolben aufwärts und gleichzeitig der andere abwärts bewegt. Kommen die Kolben in die Nähe des Endes ihrer Bahnen, so bewirken die an den Kolbenstangen angebrachten Bunde *b* durch Stoßen gegen die Anschläge *n* der Schieber die Umsteuerung. In dem Vertikalschnitt sind die beiden in *t* gegenüberliegenden oberen Kanäle mit den Bodenseiten der Zylinder, die beiden mittleren Kanäle mit dem Auslauf *a* und die unteren Kanäle mit den Deckelseiten der Zylinder

verbunden. Durch die Rolle *r* am Bunde der einen Kolbenstange, welche sich in der Schleife *s* des Hebels *h* bewegt, wird mittels der Klinke *k* ein Sperrrad *z* bewegt; diese Bewegung wird durch Schnecke und Schneckenrad dem Zählwerk mitgeteilt. Das Gehäuse des Zählwerks ist durch eine Verschraubung mit Lederscheibe abgedichtet. Die Bunde der Kolbenstangen werden in Hülsen *m* geführt, welche in das Unterteil eingezogen und durch Verschraubung und Lederstulpe abgedichtet sind. Oben sind die Hülsen durch Deckel abgeschlossen und mit demselben durch Splinte fest verbunden; zu beiden Seiten der Deckel sind Spiralfedern *f* angebracht, welche durch Rollen die Schieber *g* auf ihre Spiegel drücken. Der prismatische Anguß *d* auf dem Rücken des Schiebers soll durch den Federdruck, wenn die Rolle den Kamm überschritten hat, die Umsteuerung beschleunigen.

Lichtweite	10	15	20	25	40	50 Millimeter
Preis	63	82	122	163	306	449 Mark
Stündlicher Durchfluß	2,64	3,95	7,9	15	20	35 Kubikmeter bei 3 Atmosph. Druck.

Fig. 552 zeigt den **Kolbenwassermesser System Kennedy oder Kern.** Dieser Wassermesser arbeitet mit **einem** doppeltwirkenden Kolben in dem Meßzylinder *c*. Um den Kolben bei möglichst geringer Reibung gut dichtzuhalten, ist der Gummiring *d* angeordnet, welcher in der breiten Eindrehung des Kolbens rollt. An den Hubenden sind Gummiringe eingelegt, um die Kolbenstöße abzuschwächen. Die Kolbenstange, welche von einer Rolle geführt ist, endet in einer Zahnstange, die in ein Zahnrad *z* greift. Auf der gemeinsamen Achse des Zahnrades *z* und des Hahnkükens *k* sitzt ein zweiarmiger Hebel *h*, welcher durch den lose auf der Achse sitzenden Hebel mit Gewicht *g* bei dessen Herabfallen mitgenommen wird und den Hahn umstellt. Der Hebel *g* wird durch die Daumen *s* des Zahnrads mitgenommen bis zum Scheitelpunkt und fällt dann durch sein Gewicht nach der entgegengesetzten Seite herab. Die Bewegung der Achse wird durch ein Winkelgetriebe dem Zählwerk *n* mitgeteilt. — Dieser Wassermesser arbeitet ziemlich genau. In Paris findet derselbe vielfach Verwendung. Gute Schmierung ist vorzusehen. Die Leistungsfähigkeit der einzelnen Größen hängt vom Leitungsdruck ab und ist ebenso wie der Preis aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

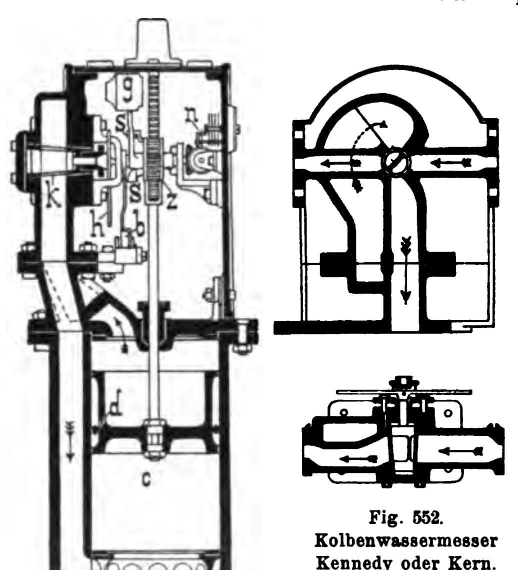


Fig. 552.
Kolbenwassermesser Kennedy oder Kern.

Nummer	00	0	1	02	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lichte Rohrweite in Millimeter	7	10	15	20	30	40	60	80	100	130	150	200	250
Stündl. Maximaldurchflußmenge in Kubikmeter	2,7	4,5	9	13	18	36	45	81	145	227	317	454	681
Stündliche Durchflußmenge bei 4 m Druckhöhe in Kubikmeter	1,4	2,2	3	4,6	9,1	18,9	29,4	60,5	98	194	332	414	—
Stündliche Durchflußmenge bei 1 m Druckhöhe in Kubikmeter	0,5	0,75	1,1	1,9	3,9	8,6	14,6	30,5	47,5	79	130	—	—
Preis für 1 Stück in Mark . .	84	103	132	167	268	416	690	910	1160	2065	2540	3960	6280

Der Kennedy-Wassermesser wird in Deutschland von J. C. Eckard, Stuttgart-Cannstatt angefertigt.

Fig. 553 zeigt den **Kolbenwassermesser System Samain.** Derselbe hat zwei horizontal angeordnete doppeltwirkende Meßkolben *KK*. Die Bewegung der Kolben erfolgt durch den Wasserdruck, welcher durch Muschelschieber *MM* vor, bezw. hinter den Kolben geleitet wird, und zwar in der Weise, daß der eine Kolben durch seine Kolbenstange die Steuerung des anderen betätigt. Wenn das Wasser vor den Kolben tritt, so ist die Gegenseite mit dem Aus-

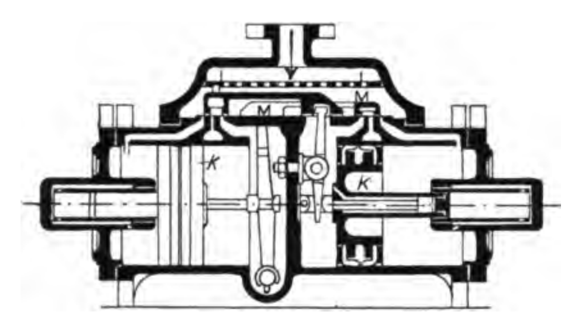
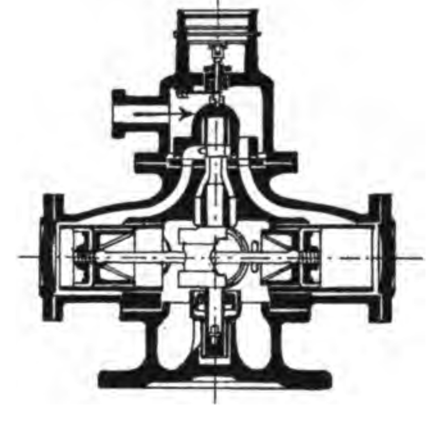


Fig. 553. Kolbenwassermesser Samain, neueres System.



lauf verbunden und umgekehrt. Die Umsteuerung wird hier ähnlich wie bei dem Fragerschen Apparat (Fig. 549) durch die lose Kolbenstange vollzogen; nur wirkt diese hier durch Hebelübersetzung auf den Schieber. Die Kolbenbewegung wird durch die Verlängerung einer der beiden Kolbenstangen auf ein Zählwerk übertragen. Dieser Wassermesser ist sehr groß, da sein Gang langsam ist; weil keine Stopfbüchse vorhanden ist, bedarf derselbe keiner Schmierung.

Das ältere System des Kolbenwassermessers von Samain ist in Fig. 554 dargestellt. Dieser Wassermesser hat vier horizontal gelagerte einfachwirkende Kolben mit Lederstulpen, welche alle auf eine Kurbelwelle, deren Achse senkrecht zum Schnittpunkt der vier Zylinderachsen ist, mit gleichlangen Schubstangen wirken. Über der Ebene der Zylinderachsen befindet sich ein Rundschieber von Ebonit (einer Hartgummimasse), welcher fest mit der Welle verbunden ist und sich mit derselben dreht; der Schieber ist durch einen Kolben am Spurlager entlastet, die Öffnungen im Schieber sind so angebracht, daß er je zwei Zylinder mit dem Zufluß und je zwei mit dem Auslauf verbindet; die Wirkungsweise ist aus der Figur ersichtlich. Der Wassermesser ist einfach und erfüllt, trotz seiner vielen bewegten Teile seinen Zweck hinreichend.

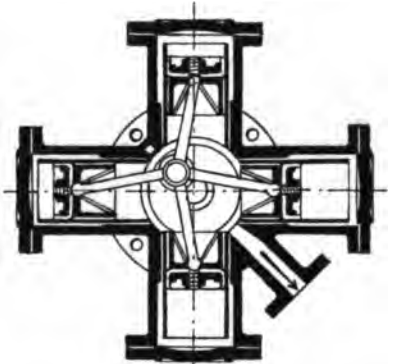
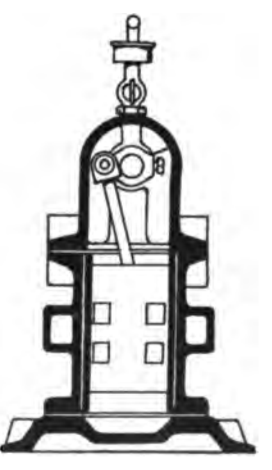
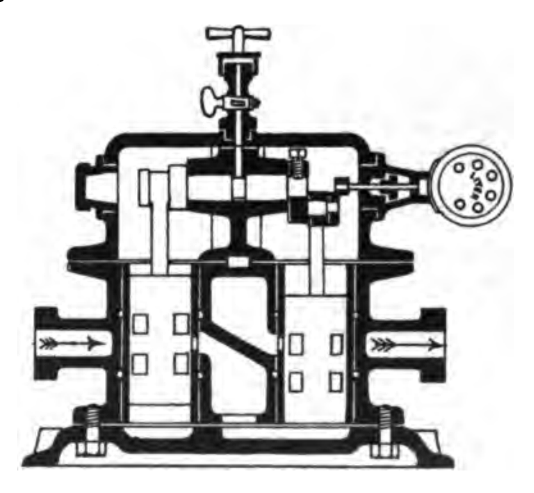


Fig. 554. Kolbenwassermesser Samain, älteres System.

Fig. 555 zeigt den Kolbenwassermesser von A. Schmid, Zürich. Derselbe hat zwei sich selbst führende, lange senkrechte Kolben, die ohne große Reibung dicht in Bronzebüchsen eingepaßt sind. Die Kolben arbeiten mit ihren Schubstangen auf zwei um 90 Grad versetzte Kurbeln, deren Welle auf ein Zählwerk wirkt; ferner besorgt ein Kolben die Umsteuerung des anderen, indem die Kolben selbst durch kanalartige Durchbrechungen zu Schiebern ausgebildet sind. Da sämtliche bewegten Teile sich in der Flüssigkeit





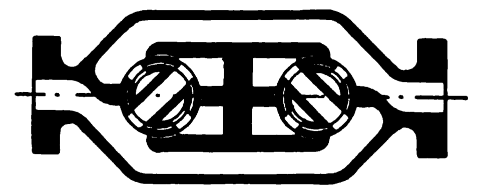


Fig. 555. Kolbenwassermesser Schmid.

befinden, bedarf der Wassermesser wenig Schmierung; auf der Eintrittsseite sollte ein Sieb zum Zurückhalten des Schmutzes angebracht werden. Dieser Apparat findet hauptsächlich Verwendung bei Dampfkesselanlagen zur Feststellung des Speisewasserverbrauchs.

Preise und Leistungen:

Größennummer	I	II	IIa	III	IV	V
Maximalrohrweite des Anschlusses in Millimeter .	40	50	75	100	125	150
Leistung pro Stunde in Kubikmeter	1,8	3,6	6	9	18	36
Preis für 1 Stück in Mark	440	560	800	1000	1600	2400

Die Kolbenwassermesser nach A. Schmid werden in Deutschland von Emil Kegler in Düsseldorf IX angefertigt.

Fig. 556 zeigt einen Wassermesser mit rotierendem Kolben (Crown meter). Da die rotierende Bewegung bei Wassermessern infolge des stoßfreien und regelmäßigen Ganges der hin- und hergehenden vorzuziehen ist, hat man hierbei den hin- und hergehenden Kolben durch einen rotierenden ersetzt. Der Crownmeter von Kent besteht aus einem zweiteiligen Gehäuse, der Krone C, in welcher der Kolben K sich bewegt, und den beiden deckelförmigen Schiebern S, zwischen welche der Kolben K genau eingepaßt ist, so daß das von unten einströmende Wasser seinen Weg durch die Kanäle des Kolbens nehmen muß und den Kolben in rotierende Bewegung setzt; dabei wälzt sich sein Mantel, der als Zahnrad ausgebildet ist, auf der entsprechenden Innenfläche der Krone. Bei dieser Rotation schließt der Kolben die spiralförmigen Kanäle des oberen Schiebers ab und öffnet die des unteren und umgekehrt, so daß nur eine ganz bestimmte Flüssigkeitsmenge den Apparat bei einer Rotation durchlaufen kann. Die Bewegung des Kolbens wird durch ein an seiner Achse angebrachtes Zahnrad auf ein Zählwerk übertragen. Ist dieser Wassermesser genau gearbeitet, so mißt er die durchfließende Wassermenge beinahe ohne jeden Fehler. Der verursachte Druckverlust ist indessen ziemlich groß; auch läßt der Messer bei längerem Gebrauch an Genauigkeit nach, sobald sich der Kolben an seinen Stirnseiten abgeschliffen hat. Der Preis ist aus nachfolgender Liste von George Kent ersichtlich:

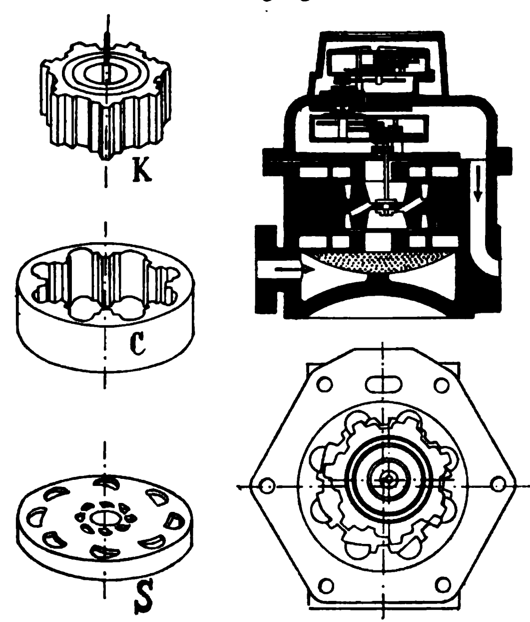


Fig. 556. Wassermesser Kent (Crown meter).

Nummer	2	3	4	5	6
Lichte Rohrweite in Millimeter	10	15	20	30	40
Preis für 1 Stück in Mark .	76	88	120	176	280

2. Scheibenwassermesser. Die unter diesem Namen bekannten Apparate stellen den Wasserverbrauch durch Zählung der Anzahl von Leerungen einer Wasserkammer bestimmten Inhaltes fest, sind also Volumenmesser. Ihre Konstruktion wird aus den nachfolgenden Beschreibungen deutlich zu erkennen sein. Sie eignen sich für die gewöhnlichen Hauswasserleitungen (bis zu 40 Millimeter Rohrweite); für größere Lichtweiten werden sie manchmal mit Geschwindigkeitsmessern kombiniert angewendet. Der Messer liefert relativ sehr gute Resultate, bei kleinen Durchflußmengen ebenso wie bei großen, und mißt sowohl das vorwärts als auch das rückwärts strömende Wasser mit gleicher Genauigkeit. Voraussetzung für das korrekte Messen des Apparates ist aber reines Wasser; trifft diese Voraussetzung nicht zu, enthält das Wasser insbe-

sondere Sandkörnchen u. dgl. in Suspension, so kann ein Festklemmen der Scheibe stattfinden. Zweifellos wird unreines Wasser zum Abschleifen der Scheibenränder, Kugellager etc. führen und damit die Meßgenauigkeit beeinträchtigen. Im übrigen sind Scheibenmesser bei gleich großer Durchlaßfähigkeit erheblich teurer als die Geschwindigkeitsmesser und treffen also auch hier die gleichen Erwägungen zu wie bei den Kolbenwassermessern. — Die Scheibenwassermesser sind amerikanischen Ursprungs, werden aber heute in deutschen Fabriken in der Regel sehr sauber und solide hergestellt. Im folgenden sind einzelne Bauarten beschrieben; weiteres ist in [51], [54], [59], [71] und in den Patentschriften D. R.-P. Nr. 56 745, 63 928, 81 707, 86 190, 92 118, 92 501, 92 968, 94 575, 94 697, 95 566, 95 977, 98 251, 100 834, 101 985, 102 057, 102 594, 102 595, 103 787, 108 482, 120 666, 121 140, 124 078, 135 188 nachzusehen.

Fig. 557 zeigt den Scheibenwassermesser von Siemens & Halske, welcher aus einem Unterteil und aus einem Oberteil mit den Ein- und Austrittsstutzen und dem Zählwerk besteht. Das Wasser tritt in der Pfeilrichtung bei *a* ein, gelangt in den tiefstgelegenen Schmutzkasten, passiert das darüber liegende Sieb und strömt am Umfang einer Halbkugel *c* in den Raum *b* des Oberteils, aus welchem auf der gegenüberliegenden Seite durch einen in der Figur nicht ersichtlichen schmalen Schlitz das Wasser in die Halbkugel *c* tritt und hier auf eine kegelförmige, um einen Kugelzapfen drehbare, innerhalb der Halbkugel *c* sich wälzende Scheibe *d* drückt. Durch diesen Druck erlangt die Scheibe *d* eben ihre wälzende Bewegung, welche dann mittels eines Stifts *p*, an der Hülse *q* geführt, und mit der Kurbel *g* auf eine Spindel *i* und damit auf das Zählwerk übertragen wird. Nach einmaliger Wälzung der Kegelscheibe *d*, entsprechend einer Umdrehung der Kurbel *g*, gelangt das gemessene Wasser aus der Halbkugel *c* durch einen neben dem Eintritt gelegenen, ebenso schmalen langen Schlitz nach dem Austrittskanal *e* und zum Ausfluß *f*.

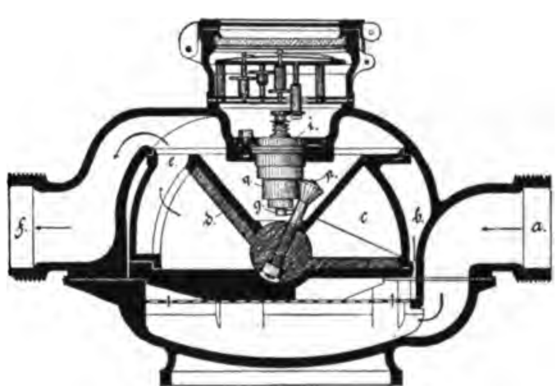


Fig. 557. Scheibenwassermesser Siemens & Halske.

Preise der Scheibenwassermesser nach Fig. 557.

Nummer	1	2	3	4	5	6
Lichtweite der Anschlußstutzen in Millimeter	20	20	20	25	25	40
Leistung bei 10 m Druckverlust Kubikmeter/Stunde	2	3	5	7	10	20
Preis für 1 Stück in Mark	64	67	70	90	110	145

Fig. 558 zeigt den nach gleichem Prinzipe gebauten Scheibenwassermesser von Siemens & Halske, wie er als Zapfstellmesser an einzelnen Entnahmestellen zur Verwendung kommt. Der Messer ist mit einem Auslaufventil verbunden, bei dessen Öffnung das Wasser den durch Pfeile angedeuteten Weg vom Eintritt zum Austritt nimmt. Die Kanäle, welche den Übergang des gemessenen Wassers aus dem Unterteil nach dem Oberteil vermitteln, liegen hier in der kreisrunden Platte, die dem Scheibenkegel gegenüber dem Druck des Wassers nach oben eine Auflage bildet. Das Zählwerk steht, wie bei allen Naßläufern, im Wasser und ist deshalb nach außen durch eine starke Glasscheibe abgeschlossen.

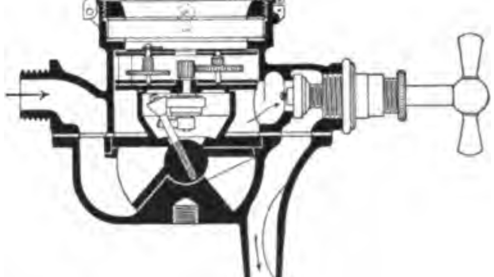


Fig. 558. Scheibenzapfstellmesser Siemens & Halske.

Scheibenwassermesser System Thomson (Fig. 559). In einem linsenförmigen Gehäuse *G* befindet sich die Meßkammer, bestehend aus zwei mit der Spitze einander zugewandten Hohlkegeln *HH* und einer Kugelzone *K*. Die Meßkammer ist in der Mitte geteilt, so daß sie jederzeit mittels der Schrauben *Sch* geöffnet werden kann; in derselben bewegt sich vom eintretenden Wasser getrieben eine Scheibe *S* aus Gummi mit Stahleinlage, welche

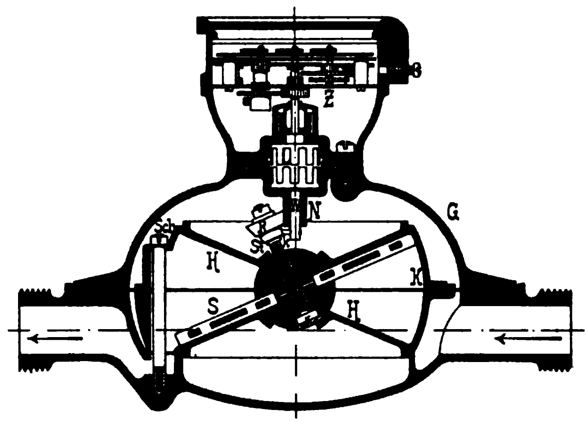


Fig. 559. Scheibenwassermesser Thomson.

einen radialen Schlitz hat und die Meßkammer immer in zwei Teile teilt. Die Scheibe hat denselben Durchmesser wie die Kugelzone und gleitet bei ihrer Rotation immer auf den beiden Kegeln. In ihrer Mitte ist die Scheibe kugelförmig gelagert und hat senkrecht zu ihrer Fläche einen Stift *St*, welcher mit der Rolle *R* sich auf einer Nabe *N* wälzt und die Bewegung durch eine Kurbel *k* auf die erste Welle *W* des Zeigerwerks *Z* überträgt. Die Verbindung der Welle *W* mit dem Zeigerwerk ist mittels einer am Umfang dichtenden laternenartigen Kupplung *L* hergestellt, wodurch das Trockenlaufen des Werks angestrebt wird.

3. Geschwindigkeitsmesser (Rotationswassermesser). Dieses System von Wassermessern ist das in Deutschland am meisten angewendete und beruht darauf, daß im Wassermesser selbst durch Verwendung einer bestimmten Druckhöhe eine bestimmte Energie des durchströmenden Wassers erzeugt und diese dazu benutzt wird, um eine Turbine (Turbinenmesser) oder — in den weitaus meisten Fällen — ein Flügelrad (Flügelradmesser) in Umdrehung zu versetzen. Die Anzahl der Umdrehungen wird von der Turbine oder der Flügelradwelle aus auf ein Zählwerk übertragen und durch letzteres so registriert, daß man die entsprechende durchgeflossene Wassermenge auf einer Zeigerscheibe (Zifferblatt) direkt abzulesen vermag. Man setzt also — was nicht ganz richtig ist — die Anzahl der Umdrehungen in bestimmter Zeit der Durchflußgeschwindigkeit (daher der Name Geschwindigkeitsmesser) bezw. der durch den Messer abströmenden Wassermenge proportional. Weitere Fehlerquellen liegen in dem Umstande, daß die Turbine bezw. das Flügelrad eine gewisse Zeit bis zur Annahme des Beharrungszustandes braucht und daß Abänderungen des letzteren, insbesondere durch raschen Wasserabschluß, ebenso notwendig allmählich erfolgen, d. h. daß auch nach Aufhören der Wasserentnahme der Messer noch einige Zeit weiter läuft.

Wie bereits erwähnt, ist überhaupt zunächst eine bestimmte Energie erforderlich, um den im Messer eingebauten Mechanismus — Turbinen, Flügelrad, Zählwerk etc. — aus dem Ruhezustande zu lösen, und diese gibt den Maßstab für die Empfindlichkeit des Messers. Ohne weiteres ist klar, daß die der ebengedachten Energie entsprechende Druckhöhe wächst mit dem Kaliber des Ein- und Auslaufstutzens bezw. mit der Größe (Schwere) des eingebauten Werkes; Wassermesser kleinen Kalibers sind deshalb empfindlicher als große.

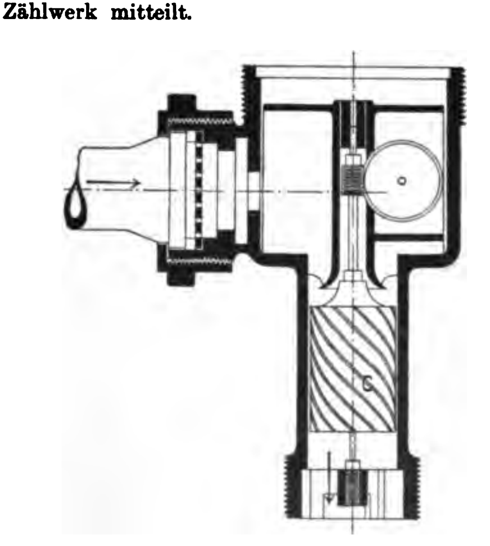
Die Qualität eines Geschwindigkeitsmessers ist nun vor allen Dingen davon abhängig, in welcher Weise der Fabrikant bei der Konstruktion desselben eine Fehlerausgleichung durch richtige Dimensionierung der einzelnen Teile zu bewirken verstanden hat. Nach dieser Richtung sind insbesondere in den deutschen Fabriken unter dem Zwange der Konkurrenz bedeutende Fortschritte gemacht worden, so daß heutzutage die Geschwindigkeitsmesser mit Recht als zuverlässige Instrumente angesehen werden können. Nur liegt es in der Natur der Sache, daß ein großer Flügelmesser die größten und die kleinsten durchfließenden Wassermengen nicht mit derselben Genauigkeit anzeigen kann, wie ein Kolbenmesser. Durch Wassermesserverbindungen (kombinierte Wassermesser) versucht man diesem in mancher Hinsicht recht empfindlichen Übelstande entgegenzutreten. Es wird — wie wir später ausführlicher auseinandersetzen — ein großer und ein kleiner Wassermesser so verbunden, daß bis zu einer gewissen Wassermenge stets nur der kleine Messer durchflossen und der große erst nach

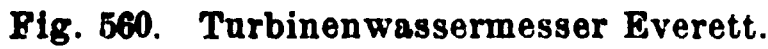
Überschreiten dieser Wassermenge automatisch für den Durchfluß geöffnet wird (vgl. die D. R.-P. Nr. 77 398, 89 426, 92 631, 105 079, 110 237, 121 141, 121 963, 124 079, 134 504, 135 190, 137 721, 141 940, 145 929, 148 755, 176 282). In der Regel kombiniert man 50/15, 80/20, 100/25, 150/30, 200/40 Millimeter. Besonders günstig sind bis heute die Erfahrungen mit Wassermesserverbindungen nicht; zweckmäßig treten an deren Stelle Deacon-Messer (vgl. S. 385) und Kolbenwassermesser.

Nachstehend sollen einige der bedeutenderen Turbinen- und Flügelradmesser durch Zeichnung und Beschreibung dargestellt werden; weiteres ist nachzusehen in [1], [2], [3], [4], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [17], [18], [19], [20], [21], [26], [27], [28], [28 a], [30], [35], [36], [37], [38], [44], [45], [46], [48], [52], [53], [56], [64], [67], [68], [69], [71], [75], [76], [78], [79], [82], [85]; eine Übersicht über die Entwicklung der Flügelradmesser und Nebeneinrichtungen geben die Patentschriften D. R.-P. Nr. 189, 217, 509, 1010, 1039, 1076, 1243, 1812, 2063, 2161, 2212, 2411, 2734, 2868, 2893, 3006, 3010, 3098, 4384, 4544, 4864, 4957, 5477, 5565, 5741, 5804, 5831, 6227, 6284, 7528, 7953, 7987, 8313, 8750, 9169, 9770, 9809, 10101, 10 171, 11 114, 12 356, 12 358, 15 390, 15533, 17285, 18 343, 18 610, 18 614, 18 624, 18 975, 21 800, 22 607, 25 622, 26 715, 28 260, 28 405, 32 019, 32 918, 33 115, 35 152, 35 182, 38 020, 39 846, 40 502, 41 017, 41 606, 42 039, 44 210, 44 651, 45 365, 47 030, 51 767, 54 329, 54 592, 61 701, 64 095, 66 715, 68 391, 68 656, 69 024, 70 604, 74 621, 76 465, 77 206, 78 689, 79 348, 79 397, 79 900, 81 462, 82 327, 82 929, 82 940, 83 598, 86 442, 88 679, 88 837, 89 077, 89 426, 90 589, 92 629, 92 630, 92 631, 96 065, 96 934, 99 724, 99 848, 100 677, 104 023, 105 158, 107 592, 108 200, 109 781, 109 896, 109 934, 110 101, 110 865, 111 118, 111 600, 111 712, 112 071, 113 238, 116 572, 116 929, 116 930, 118 619, 120 152, 120 791, 124 282, 126 031, 131 557, 133 224, 135 189, 147 919, 155 871, 156 137, 157 583, 159 952, 160 844, 163 674, 179 795, 180 048, 185 059.

Turbinenwassermesser sind patentiert unter Nr. 12 006, 15 142, 100 592, 109 447, 118 619, 146 013, 152 347.

Fig. 560 zeigt den Turbinenwassermesser von Everett. Das Wasser durchläuft den Wassermesser in der Pfeilrichtung und bewegt die zylindrische Trommel *C*, auf deren Mantel schraubenförmige Rillen eingedreht sind, nach Art der Axialturbinen. Auf der Welle dieses Laufrads befindet sich eine Schnecke, welche durch ein Schneckenrad die Bewegung einem Zählwerk mitteilt.




Fig. 560. Turbinenwassermesser Everett.

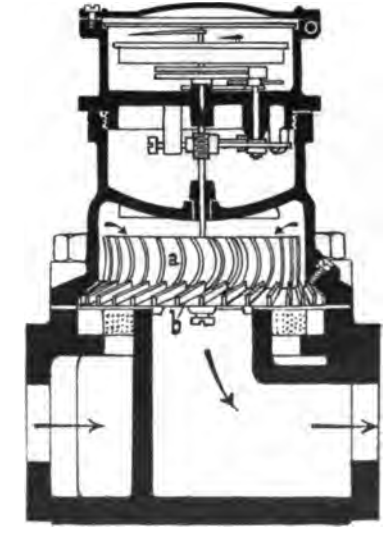

Fig. 561. Turbinenwassermesser Michel.

Fig. 561 zeigt den Turbinenwassermesser der Compagnie Michel (Turbine universelle). Nachdem die Flüssigkeit das Sieb durchlaufen hat, wird sie durch das Leit-

rad b auf das Laufrad a aus Hartgummi geführt und setzt das Laufrad in Bewegung. Nach dem Durchgang durch das Laufrad a fließt die Flüssigkeit in axialer Richtung ab und dem Auslauf zu. Durch ein Schneckengetriebe findet die Übersetzung auf das Zählwerk statt. Dieser Wassermesser läßt kleine Flüssigkeitsmengen durchfließen, ohne daß er sich bewegt.

Die Preise sind für:

Lichte Rohrweite in Millimeter	7 bis 30	40 bis 100	150 bis 250
Preis in Mark	52 bis 64	120 bis 160	440 bis 800

Fig. 562 zeigt einen Naßläufer, Fig. 563 einen Trockenläufer der Flügelradwassermesser von Andrae. Der Andraesche Wassermesser ist ein Flügelradmesser mit gleicher Zahl und vollkommen symmetrischen, tangentialen Aufschlag- und Abführungskanälen. Dabei sind Zu- und Abführung des Wassers nach Lage, Zahl und Gesamtquerschnitt gleichmäßig auf den ganzen Umfang des Flügelrads verteilt. Die Abführungskanäle besitzen eine den Zuführungskanälen entgegengesetzte Richtung. Ändert sich infolge von Rückströmung des Wassers in der Leitung die Bewegungsrichtung desselben im Wassermesser, so vertauschen sich im Messer sofort die Funktionen der Zu- und Abführungskanäle, und das Flügelrad einschließlich des von ihm getriebenen Zeigerwerks läuft rückwärts. Der Messer wird also das vorher zu viel registrierte Wasser mittels seines Zeigerwerks nunmehr selbsttätig in demselben Maße wieder zurückregistrieren, wie nebenstehendes Prüfungsergebnis zeigt.

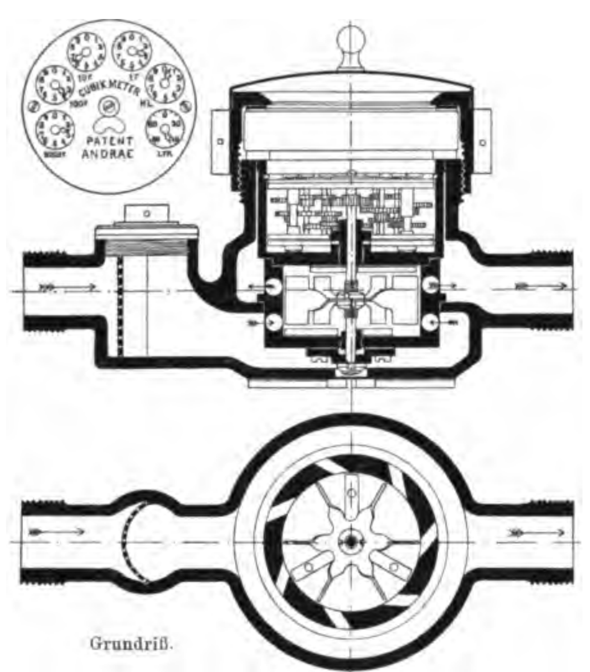


Fig. 562. Naßläufer-Flügelradwassermesser Andrae.

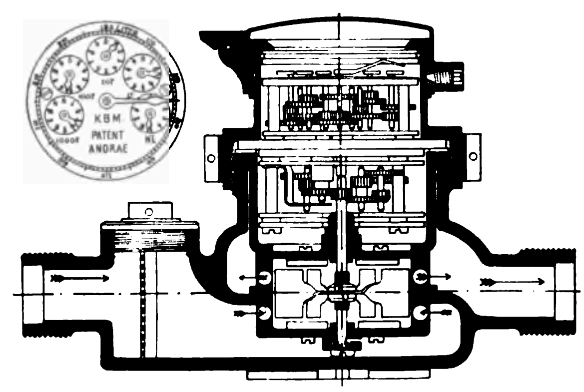


Fig. 563. Trockenläufer-Flügelradwassermesser Andrae. (D. R.-P. Nr. 89 077.)

Sowohl bei Vor- als Rückwärtsbewegung des Flügelrads ist vermöge der symmetrischen auf den ganzen Umfang gleichmäßig verteilten Beaufschlagung und Ableitung des Wassers jede einseitige Reaktion auf die Radwelle ausgeschlossen. Der in das Gehäuse eingepaßte Einsatz (vgl. den Grundriß zu Fig. 562 u. 563) besitzt auf seinen ganzen Umfang verteilt Gruppen von Kanälen (Bohrungen). Die unteren führen das Wasser zum Flügelrad, die oberen führen das Wasser aus dem Flügelrad, wie dies die eingezeichneten Pfeile andeuten. Die Lichtweiten sämtlicher Kanäle sind einander gleich, ebenso ihre Tangentialwinkel, nur sind diejenigen der einen Gruppe denen der anderen entgegengesetzt gerichtet. Jede einzelne Kanalgruppe steht in Verbindung mit einem am inneren Umfang des Gehäuses ausgesparten Sammelkanale, welchen das Wasser aus dem Eingangsstutzen zufließt, während die oberen Sammelkanäle das ablaufende Wasser nach dem Ausgangsstutzen abführen wie die Pfeilrichtung andeutet. Die Gehäuse bestehen bei den kleinen Messern bis zu 40 Millimeter Weite aus Messingbronze, bei den größeren aus gegen Rost geschütztem Gußeisen, wenn nicht ebenfalls Bronze gewünscht wird, währenddem die Einsätze beider Teile aus Messingbronze mit galvanischer Verzinnung gefertigt werden. Die Flügelradspindel wird aus Hartnickel oder Deltametall, die Führungslager werden aus Hartgummi, Spurlager aus Deltametall und Phosphorbronze, in welchem ein Achatstein eingesetzt ist, hergestellt. Das Zeiger-

Prüfungsergebnis eines Andraeschen Wassermessers (Naßläufer) beim städtischen Wasserwerk Stuttgart.

Nummer des Apparats	Lichtweite des Apparats mm	Datum des Versuchs: Jahr, Monat u. Tag	Zeitdauer des Versuchs: Minuten	Sekunden	Manometerstand am Zufluß (Rohr)	Manometerstand am Abfluß (Rohr)	Ablesung vor dem Versuch (Kubikmeter)	Ablesung nach dem Versuch (Kubikmeter)	Angezeigte Wassermenge (Kubikmeter)	Gemessene Wassermenge (Kubikmeter)	Differenz zwischen angezeigter u. gemessener Wassermenge Liter	Differenz in Proz. der gemessenen Proz.	Durchflußmenge in der Minute Liter	Durchflußmenge in der Stunde Kubikmeter	Bemerkungen
29 260	10	26. XI. 1901	1	20	4,8	0,2	0,0	0,100	0,100	0,100	—	—	75	4,5	Vorwärts
			5	—	5,0	4,6		0,201	0,101	0,100	+1	+1	20	1,2	
			20	—	5,1	5,1		0,301	0,100	0,100	—	—	5	0,3	
			100	—	5,1	5,1		0,401	0,100	0,100	—	—	1	0,06	
			100	—	5,1	5,1		0,500	0,099	0,100	—1	—1	0,5	0,03	
			1	20	4,8	0,2	0,500	0,400	0.100	0,100	—	—	75	4,5	Rückwärts
			5	—	5,0	4,6		0,299	0,101	0,100	+1	+1	20	1,2	
			20	—	5,1	5,1		0,198	0,101	0,100	+1	+1	5	0,3	
			100	—	5,1	5,1		0,100	0,098	0,100	—2	—2	1	0,06	
			200	—	5,1	5,1		0,002	0,098	0,100	—2	—2	0,5	0,03	

werk besteht aus Deltametall und Phosphorbronze, das Zifferblatt ist emailliert und mit einer Glasur überzogen, wodurch sich Unreinigkeiten nicht festsetzen können. Die Regulierung erfolgt durch verstellbare Leitstücke.

Tabelle über Leistungsfähigkeit, Maße und Preise.

In Kubikmeter pro Stunde bei 10 m Druckverlust nach den Normalien	Kaliber Zoll engl.	Kaliber mm	Empfindlichkeit in Liter pro Stunde: Naßläufer	Empfindlichkeit: Trockenläufer	Zeigt richtig in Liter pro Stunde ± 2 Proz.: Naßläufer	Zeigt richtig: Trockenläufer	Durchlaßfähigkeit bei 35 m Druckhöhe pro Stunde in Kubikmeter	Baulänge mm ohne Verschraubungen: für Holländerverschraubung oder Flansch	(Normalien)	Baulänge: kombinierte	Ungefähres Gewicht der Apparate kg	Preise der einfachen Wassermesser Mk.	Preise der kombinierten Mk.
	1/4	7	8	15	20	30	1,8	125		Fett-Ziffern nach Normalien	1,850		
2	3/8	10	15	20	35	55	3	160	220		2,500	**22**	
3	1/2	13	20	30	45	75	4,5	200	220		3,200	**25**	
3	5/8	15	25	40	60	85	5,5	200	220			**27**	
5	3/4	20	30	50	75	100	8	200	220		4,000	**29**	
7	1	25	45	100	100	150	12	230	260		5,100	**36**	
10	1 1/4	30	60	120	120	180	16,6	250	260		6,600	**45**	
20	1 1/2	40	100	150	200	350	25	270	300		9,650	**58**	
30	2	50	150	200	300	450	45	mit Flansch 295		540—**550**	48,000	**100**	**145**
50	2 1/2	65	250	400	500	750	60	350		600	54,000	**105**	**165**
50	3	80	400	650	900	1200	100	365		625 690 —**650**	88,000	**170**	**250**
100	4	100	600	800	1200	1500	150	425		680—**800**	118,000	**200**	**290**
	5	125	1000	1200	2000	2500	225	550		840	175,000	**225**	**320**
200	6	150	1500	1800	2500	3000	300	600		1100—**1000**	260,000	**300**	**400**
	7	175	1600	1900	2750	3300	400	640		1150	300,000	**370**	**470**
400	8	200	1500	1800	2500	3000	560	690—700		**1250**	380,000	**450**	**550**
600	10	250	2000	2000	3000	3200	900	775		1350	550,600 einf. komb.	**550**	**680**

Der Andraesche Wassermesser ist im Frühjahr 1896 vor die Öffentlichkeit getreten; Andrae ist der erste, welcher den einfachen und nützlichen Gedanken, das rückströmende Wasser durch Rücklauf des Flügels selbst zurückzumessen, in die Praxis einführte. (Vgl. S. 337.)

Die Ablesung des Naßläufers in Fig. 562 ergibt den Stand zu 2363,045 Kubikmeter, des Trockenläufers in Fig. 563 zu 3512,525 Kubikmeter. Bei Zeigerstellungen, wie sie das Zifferblatt des Naßläufers der Fig. 562 in der Einerstelle aufweist, ist für das richtige Ablesen stets die nächsttieferliegende Stelle maßgebend um nicht irrezuführen. Z. B. könnte leicht bei den Einern gelesen werden: 2 statt 3; die nächsttieferliegende Stelle der Hektoliter zeigt an, daß die 10 Hektoliter zwischen 2 und 3 Kubikmeter bereits durchgeflossen sind, da der Zeiger die Null passiert hat; demnach kommt der dritte Kubikmeter in der Einerstelle zur Notierung.

Fig. 564. Standrohrwassermesser Andrae. Dieser Wassermesser wird in den Dimensionen von 20 bis 65 Millimeter Durchflußweite angefertigt und dient gewöhnlich dazu, das den öffentlichen Hydranten zum Besprengen der Straßen, Kanalspülungen, oder für Bauten entnommene Wasser zu messen. Das Standrohr kann aus Kupfer oder galvanisiertem Eisenrohr bestehen; die Stopfbüchse im oberen Teil dient zum Drehen des Messers mit dem Schlauche nach der Seite hin, wo die Wasserabgabe stattfinden soll. Sie kann beim Eisenrohr entbehrt werden, wenn der Messer mit Gasgewinde aufgeschraubt wird. Das Unterteil richtet sich nach der jeweiligen Hydrantenkonstruktion.

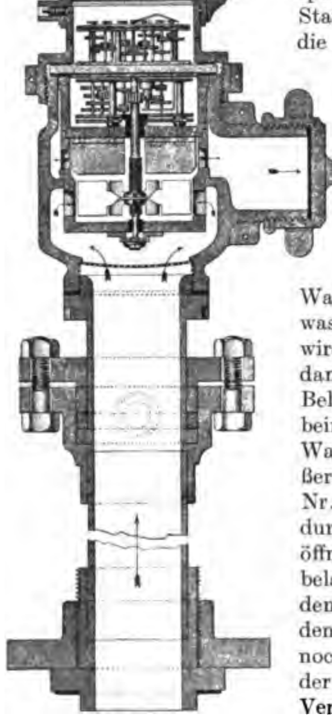

Fig. 564. Standrohrwassermesser Andrae.

Fig. 565 zeigt eine Wassermesserverbindung (kombinierter Wassermesser) von Andrae. Um der mit der Größe der Flügelradwassermesser wachsenden Unempfindlichkeit zu begegnen, werden ein großer und ein kleiner Wassermesser zusammengeschaltet, deren Beteiligung an dem Gesamtwasserdurchfluß mittels eines sogenannten Umschaltventils geregelt wird. Diese Umschaltventile sind nun in der Regel stark belastet, damit sie sich erst bei ziemlich starkem Wasserdruck öffnen. Diese Belastung ist aber einem raschen Öffnen der Ventile hinderlich, so daß beim Beginn des Öffnens nur ein langsamer verhältnismäßig geringer Wasserdurchfluß stattfindet, wodurch ungenaue Messungen des größeren Wassermessers bedingt sind. Andrae hat (vgl. D. R.-P. Nr. 124 079) ein eigenartig belastetes Umschaltventil erfunden, wodurch der vorerwähnte Mißstand behoben, also das Ventil rasch geöffnet und geschlossen wird. Dies wird dadurch bewirkt, daß die Ventilbelastung aus einem, nicht ganz dicht in einer Büchse geführten, mit dem Ventil verbundenen Kolben besteht, der beim Beginn der durch den Wasserdruck angehobenen Ventilbewegung, wobei das Ventil aber noch nicht öffnet, einen Gegendruck findet, der durch besondere, in der Führungsbüchse angebrachte Kanäle kurz vor dem Öffnen des Ventils behoben wird, so daß das nicht mehr belastete Ventil dann ungemein rasch öffnet. Der Wasserdurchgang zum kleinen Wassermesser wird durch das Umschaltventil nicht beeinflußt und arbeitet der kleine Wassermesser, gleichgültig welche Wassermenge durch das Umschaltungsventil strömt, stetig mit. Es ist (Fig. 565) *a* das Ventilgehäuse, in welchem bei *b* die Wassereinströmung und bei *c* die Ausströmung nach dem großen Messer erfolgt, während c_1 die Ausströmungsöffnung zur Umgangleitung zum kleinen Wassermesser ist. Der Durchgang zum großen Messer ist durch das im Sitz *l* liegende Ventil *K* abgeschlossen, und zwar dichtet das Ventil *K* auch seitlich auf eine gewisse Höhe *H* im Ventilsitz ab, während die Flügel nur in bekannter Weise als Führung des Ventils dienen. In fester Verbindung mit letzterem steht ein Kolben *i*, der in eine Büchse *f* undicht eingepaßt ist, so daß zwischen diesem und der Büchsenwand ein geringer Spielraum bleibt. Die in dem Gehäusedeckel *d* bezw. in dessen ausgesparter Nabe befestigte Büchse *f* steht durch ihre im oberen Teil belegenen Öffnungen *g* und durch ebensolche unten angeordnete Öffnungen mit der Aussparung in der Nabe in Verbindung. Oben im Kolben ist eine Aussparung vorgesehen, welche mittels eines axialen Kanals und einer Anzahl von diesem ausgehender und unter dem Kolben nach außen mündender Radialkanäle *r* mit dem Wasserdurchflußraum verbunden ist. Der Kanal ist oben durch eine in der Aussparung liegende, als Ventil dienende Kugel *p* abgeschlossen. Das Umschaltventil arbeitet nun in folgender Weise: Sobald der Druck des unter dem Ventil *K* eintretenden Wassers eine bestimmte Höhe erreicht, wird das Ventil und gleichzeitig der Kolben *i* gehoben. Das über letzterem befindliche Wasser hat aber vorerst keinen anderen Ausweg, als zwischen Kolben *i* und Büchse *f* hindurch und bildet somit eine kräftige Belastung des Ventils. Sowie nun das Ventil seitlich öffnet, hat die untere Kante des Kolbens *i* die unteren Öffnungen der Büchse *f* eben überschritten, wodurch das über dem Kolben befindliche, dem Heben desselben einen Widerstand entgegensetzende Wasser

durch diese Öffnungen zurückströmen kann, d. h. das Ventil plötzlich entlastet wird. Hierdurch wird dasselbe rasch gehoben und strömt plötzlich eine größere Menge durch dasselbe in den großen Wassermesser, der dadurch sofort in Tätigkeit gesetzt wird. Läßt der Druck unter dem Ventil nach, so schließt das Ventil K zufolge seines eigenen Gewichts, sowie dem des Kolbens i und einer eventuellen Bleibelastung q ab. Sobald nun während des Abschließens beim Niedergang des Kolbens i dessen Unterkante die unteren Öffnungen der Büchse f abschließt, würde oberhalb des Kolbens ein Vakuum eintreten, sofern nicht das Wasser aus dem Durchflußraum des Ventils durch die Kanäle r unter die Kugel p treten und diese heben würde, wodurch unter und oberhalb der Kugel wieder Druckausgleich hergestellt wird. Das Ventil K schließt seitlich bereits ab, bevor die

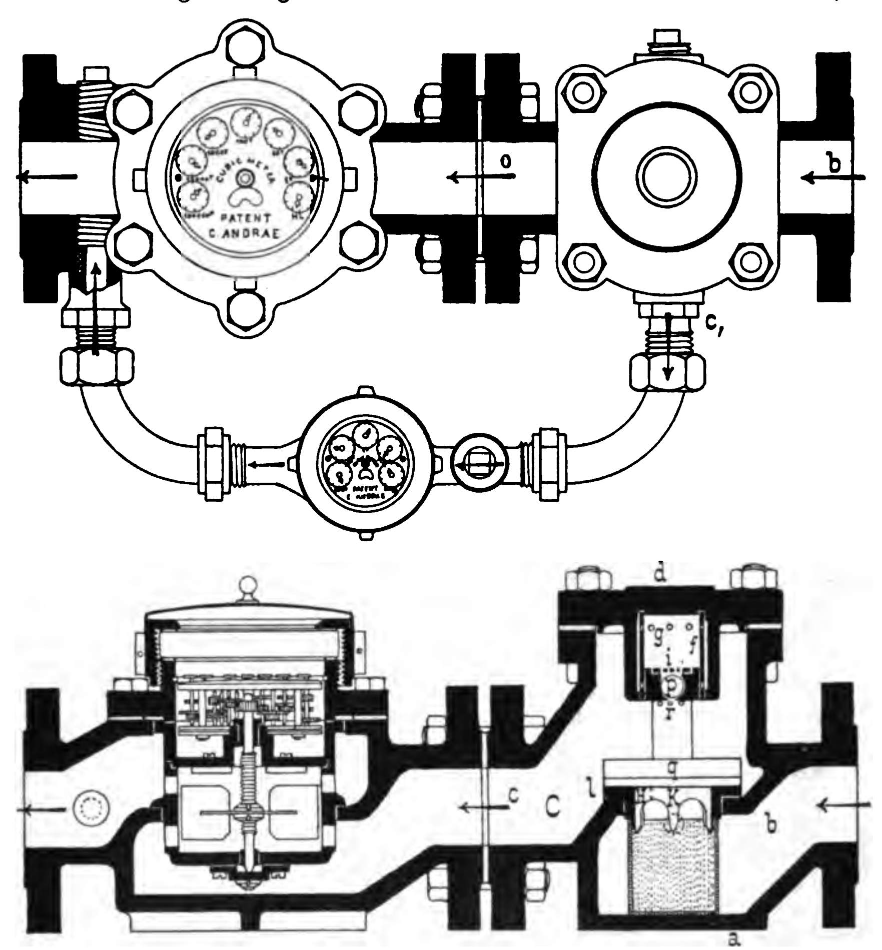


Fig. 565. Kombinierter Wassermesser 50|20 mm mit Umschaltventil, Patent Andrae. M = 1 : 5.

unteren Öffnungen der Büchse f vom Kolben i abgeschlossen werden, d. h. es findet ein rascher, das genaue Messen fördernder Ventilabschluß statt. Der vollständige Abschluß des Ventils vom Beginn des seitlichen Abschließens bis zum Aufsitzen des Ventils auf seinen Sitz geht hernach etwas langsamer vor sich, was aber insofern wieder nützlich ist, als ein Schlagen des Ventils beim Schließen vermieden wird.

Die Berechnung der Ventilbelastung q in Fig. 565 ergibt sich aus der Betrachtung, daß der Wasserdruck p_1 auf die untere Ventilfläche f bei b mindestens gleich sein muß dem Wasserdruck p_2 auf dieselbe Ventilfläche bei c (durch Manometer bei b und c zu ermitteln). Auf die Eigenreibung des Ventils, sowie auf den etwaigen Einfluß der Ventilsitzbreite ist hierbei keine Rücksicht genommen. Setzt erstere der Erhebung des Ventils einen gewissen Widerstand entgegen, so wird der Druck bei c gegenüber b um diesen Betrag vermindert. Es besteht somit die Gleichgewichtsbedingung:

$$f\,p_1 > f\,p_2 + q,$$

worin f in Quadratzentimeter, p_1 und p_2 in Kilogramm pro Quadratzentimeter, q in Kilogramm

einzusetzen sind. Der Druckunterschied vor und hinter dem Ventil ist $p_1 - p_2 = \frac{q}{f}$, und daher die Belastung $q = f(p_1 - p_2)$.

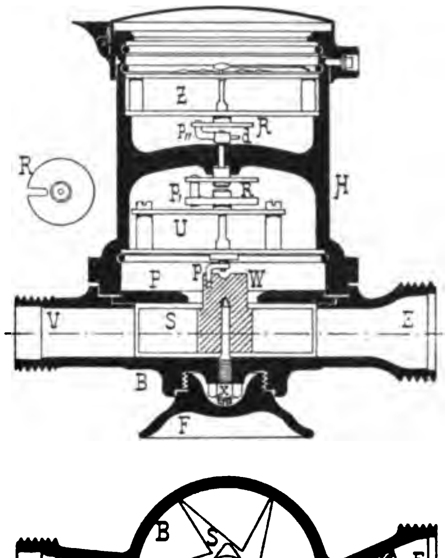
Es liegt im Interesse der Empfindlichkeit einer Wassermesserkombination, den Druckunterschied $p_1 - p_2$ nicht größer werden zu lassen, als der Genauigkeitsgrenze des kleinen Messers entspricht. Wie aus nachstehendem Prüfungsergebnis von Frankfurt a. M. zu ersehen ist, geht diese mit $\pm$ 1,2 Prozent noch weiter herab als die gebräuchlichen Prüfungsmanometer mit Hundertstelatmosphärenteilung abzulesen gestatten. Sie beträgt bei 0,1 Meter Wassersäule (= 0,01 Atmosphären = 0,01 Kilogramm-Quadratzentimeter) 0,0 Prozent und 1,2 Prozent, je nachdem auf den Messer ein Wasserdruck von 3,0 Kilogramm-Quadratzentimeter oder von 0,5 Kilogramm-Quadratzentimeter wirkte. Für die Praxis dürfte mit 0,5 Meter Wassersäule Druckunterschied = 0,05 Kilogramm-Quadratzentimeter vor und hinter dem Messer zu rechnen sein. Lux fand 0,45 bis 0,6 Meter und zwar unabhängig vom Wasserleitungsdruck. Mit diesem Werte $p_1 - p_2$ = 0,05 Kilogramm-Quadratzentimeter findet sich z. B. die Belastung q bei einem Umschaltventil mit 80 Millimeter Lichtweite nach Fig. 565: $q = 0,25\,\pi \,.\, 8^2 .\ 0,05 =$ rd. 2,50 Kilogramm. Bevor dieser Druckunterschied erreicht ist, kann sich das Ventil nicht öffnen. Bei dieser Rechnung ist von dem Gewichtsverlust der Belastungsmasse im Wasser, sowie von dem Eigengewicht des Ventils und dessen Gewichtsverlust im Wasser, weil hier nebensächlich, abgesehen.

Die Ventilbelastung kann statt mit Gewicht mit Federdruck (Messingspiralfeder) erzielt werden; eiserne und stählerne Federn verändern sich durch Rost.

Tiefbauamt Frankfurt a. M. Prüfungsergebnis.
Durchflußweite: 13 mm. Naßläufer Andrae.

Druckunterschied vor und hinter dem Messer	Druck vor dem Wassermesser: 3,0 kg pro Quadratzentimeter		0,5 kg pro Quadratzentimeter	
	Stündl. Durchflußmenge	Fehler	Stündl. Durchflußmenge	Fehler
Meter Wassersäule	Liter	Prozent	Liter	Prozent
27,0	4360	+ 0,7	—	—
25,0	4220	− 0,7	—	—
20,0	3750	± 0,0	—	—
15,0	3216	+ 0,3	—	—
10,0	2611	+ 0,2	—	—
7,5	2275	± 0,0	—	—
5,0	1837	+ 0,3	—	—
4,0	1642	+ 0,4	—	—
3,0	1416	± 0,0	—	—
2,0	—	—	1300	− 0,8
2,0	1170	± 0,0	—	—
2,0	—	—	1172	− 0,7
1,5	—	—	1000	− 0,6
1,0	824	− 0,5	—	—
1,0	—	—	820	− 0,7
0,7	660	± 0,0	—	—
0,7	—	—	670	− 0,5
0,5	570	+ 0,3	—	—
0,5	—	—	563	− 0,9
0,4	500	+ 0,9	—	—
0,4	—	—	512	− 1,2
0,3	403	+ 0,3	—	—
0,3	—	—	437	− 0,6
0,2	327	+ 0,9	—	—
0,2	—	—	331	− 0,4
0,1	286	± 0,0	—	—
0,1	—	—	230	+ 1,2
—	186	+ 0,3	—	—
—	—	—	151	+ 1,7

Fig. 566 zeigt den Flügelradwassermesser (Trockenläufer) von Dreyer, Rosenkranz & Droop (Hannover). Dieser Wassermesser besteht aus drei Hauptteilen: 1. der unteren Schale *B* mit Fuß *F* und mit der Spurschraube *X*, welche das Meßrad *S* aufnimmt, 2. dem Meßrade *S* aus Hartgummi, 3. der Haube *H*, welche das Übersetzungs- und Zählerwerk *U* und *Z* umschließt. *B* ist eine kurze zylindrische Schale, unten durch den Boden, oben durch Platte *P* begrenzt. In der Mitte der Schale ist bei *X* eine senkrechte Spindel angeordnet, welche die Spur und den Drehzapfen für das Meßrad *S* bildet. Bei *E* schließt sich die Einströmung tangential an, bei *V* erfolgt der Austritt des Wassers. Das Meßrad *S* füllt den Hohlraum von *B* aus, ohne zu reiben, indem rings um das Rad etwas Spielraum gelassen ist, und seine sternförmigen Schaufeln bewirken dessen Drehung beim Durchströmen des Wassers. Der Teil *W* oben am Rad dient zur Bewegungsübertragung auf ein Zählwerk, d. h. es wird zunächst ein Übersetzungswerk *U* durch Mitnehmer *p*, dann durch $p_{,}$ die Spindel *d* und endlich durch die Mitnehmer $p_{,,}$ das Zählerwerk *Z* getrieben. Die Seitenfigur gibt die Ansicht einer Mitnehmerscheibe *R* und erklärt die beschriebene Verbindung. Aus dem Vergleich mit dem vorangegangenen Wassermesser Andrae ergeben sich wesentliche Unterschiede der Konstruktion: Hier trifft der volle Wasserstrahl aus der Düse *D* auf das Meßrad und erzeugt einen seitlichen Druck auf die Achse, die infolgedessen sich abnützt; dafür bietet sich dem Wasser ein geringerer Druckverlust dar, eben weil der Strahl geschlossen bleibt und die seitlich etwa ungemessen vorbeischleichenden Wasserteilchen werden nur in geringem Maße hierzu Gelegenheit finden, weil der ganze Strahl vornehmlich nur zwei Schaufeln passiert, daher die Empfindlichkeit eine höhere sein wird als bei vielfach zerteiltem Strahl. Das Hartgummimeßrad schwimmt zufolge seines geringen Gewichts nahezu im Wasser und nimmt sehr bald die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers an. Die Einregulierung des Messers erfolgt durch Heben oder Senken des Meßrads mittels der Stellmutter *X*.



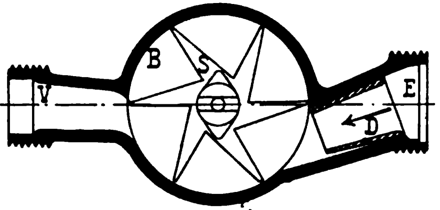


Fig. 566. Flügelradwassermesser von Dreyer, Rosenkranz & Droop.

Fig. 567 stellt den Flügelradwassermesser (Naßläufer) System Faller (Wien) dar. Auf einer im Unterteil befindlichen Metalltraverse steht die mittlere Spindel, welche das Meßrad trägt. Dieses ist aus Hartnickel oder Neusilber mit senkrecht aufgebogenen Flügelenden. Auch bei diesem Messer geht der Wasserstrahl ungeteilt durch, die Regulierung wird durch mehr oder weniger große Verstellung einer Regulierschraube *R* hinter dem Eingangssieb bewirkt. Bei tieferem Stande der Regulierschraube taucht die Spitze mehr in den Zuführungskanal und verändert die Wasserführung auf das Meßrad einerseits, anderseits verengt sie den freien Durchflußquerschnitt, so daß weniger Wasser auf das Flügelrad gelangt und dieses sich langsamer dreht. Beim Herausschrauben der Regulierschraube tritt die entgegengesetzte Wirkung ein, der Messer geht schneller, zeigt also in der gleichen Zeit mehr an. Der Fallersche Messer wurde vorbildlich für eine ganze Reihe nach ihm entstandener ähnlicher Konstruktionen.

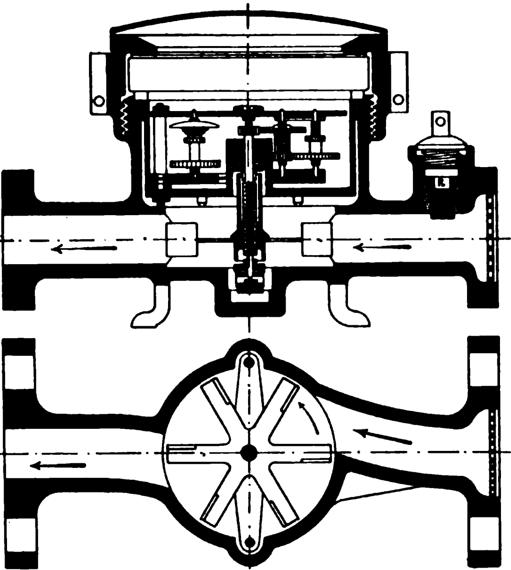


Fig. 567. Flügelradwassermesser Faller.

Fig. 568 u. 569 sind Flügelradwassermesser nach dem System Patrick (Frankfurt a. M.). Das Zählwerk des Naßläufers (Fig. 568) und das Triebwerk des Trocken-

läufers (Fig. 569) ist hier in einem Raum untergebracht, der durch die seitliche obere Öffnung mit einer die Metallteile nicht angreifenden, neutralen Flüssigkeit (ausgekochtes Wasser mit ca. 10 Prozent Glyzerin) mittels einer besonderen Pumpe gefüllt wird. Das zu messende Wasser geht hier in mehreren Strahlen zerteilt in der Pfeilrichtung durch den Messer. Die Justierung geschieht durch Verschieben eines aus dem Grundriß ersichtlichen Regulierringes, der dem in mehrere Strahlen zerlegten Wasserstrom größere oder kleinere Durchtrittsöffnungen bietet.

								kombiniert						
Dimensionen: l. W. . .	7	10	15	20	25	30	40	50	65	80	100	150	200	mm
Preise f. Naßläufer . .	21,50	32	32	36	45,50	56	70,50	120	127	214	247	385	535	Mk.
„ „ Trockenläufer	24	35	35	40	50	59,50	74	128,50	132	220	254	397,50	546,50	Mk.

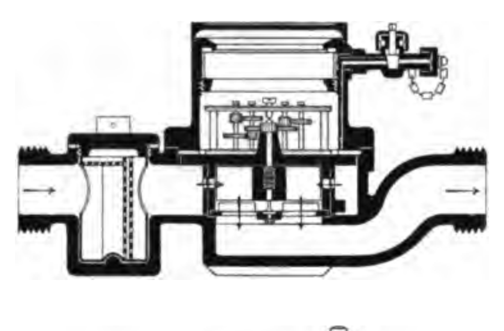




Fig. 568. Naßläufer-Flügelradmesser Patrick.

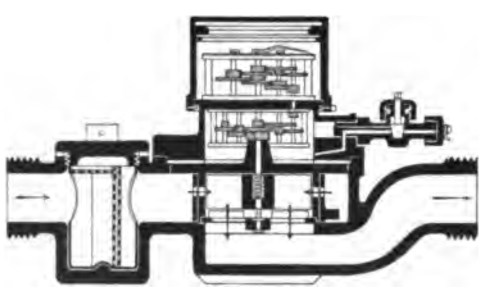


Fig. 569. Trockenläufer-Flügelradmesser Patrick.

Fig. 570 zeigt den Flügelradwassermesser von Schinzel. Bei dem Wassermesser von Schinzel (Wien) hat das Hartgummi eine weitgehende Verwendung gefunden; nicht nur der Einsatz, in dem sich das Triebräderwerk befindet, auch der mit vielen tangentiellen Einströmungskanälen durchbrochene Kasten des Flügelrades in Wandung und Boden ist aus diesem im Wasser äußerst beständigen Material gefertigt. Ebenso sind sämtliche Zahnräder aus Hartgummi und die Flügelradwelle läuft mit einem Hartgummizapfen in einem Lagerstein von poliertem Karneol. Infolge dieser ausgiebigen Anwendung des Hartgummis hat der Schinzelsche Wassermesser auch den Namen „Hartgummiwassermesser" erhalten; sein Gang soll geräuschlos sein. Das Flügelrad und seine Hauptwelle, sämtliche Achsen und die kleinen Triebe sind aus Deltametall hergestellt. Die Decke des Flügelradraums ist eigentümlich sternförmig gerippt, um eine Brechung aller Wasserwirbel zu bewirken. Eine besondere Regulierungsvorrichtung besitzt dieser Wassermesser nicht; sie scheint bei dem wasserbeständigen Material und der geringen Reibung in den Zähnen des Räderwerks von Hartgummi entbehrlich zu sein.

Für nicht ganz reines Wasser werden besondere Schlammtöpfe beigegeben. In Österreich sind die Schinzel-Wassermesser viel im Gebrauch. Die Fig. 570 stellt einen Trockenläufer Patent Schinzel dar. Es werden jedoch auch Naßläufer nach dem gleichen System gebaut; bei diesen ist der Flügelradkasten aus Hartgummi, der Einsatz für die Zählwerksteile aus Messingblech, das stark verzinnt ist. Nachfolgend die Preise:

Dimension: lichte Weite	7 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm	100 mm
	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.
Preis für Naßläufer . . .	36	37,40	40,80	45	56	76,50	107	141	184	223	276	305	336
Preis für Trockenläufer .	37,40	39,10	42,50	47,60	59,50	81,50	112	150	196	243	306	324	380
Preis für kombinierte Naßläufer	—	—	—	—	—	—	196	232	275	324	370	412	445
Preis für kombinierte Trockenläufer	—	—	—	—	—	—	203	242	287	340	397	442	490
Preis für Schlammtopf .	3,00	3,40	4,25	5,10	6,40	8,51	34	43	51	61,50	72	82	94

Die Firma Siemens & Halske in Berlin betreibt den Bau von Wassermessern seit dem Jahre 1858 und hat eine große Anzahl von Systemen konstruiert, von welchen in den Fig. 571, 572 und 573 einige gezeigt sind. Die ursprüngliche Form waren die „Trockenläufer", wie ein solcher

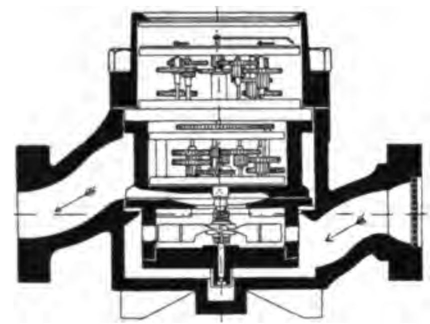


Fig. 570. Flügelradwassermesser Schinzel.

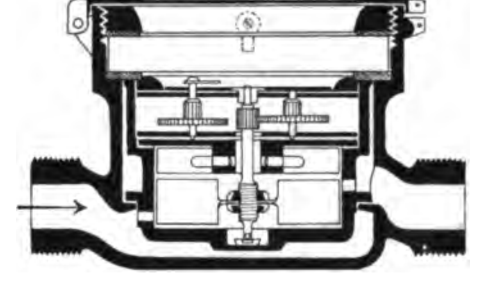


Fig. 571. Flügelradwassermesser von Siemens & Halske.

in Fig. 573 als Standrohrwassermesser abgebildet ist. Die beiden anderen Bauarten folgten später als Naßläufer und in Absicht ihrer allgemeineren leichten Einführung wurden sie ohne verteuernde Anhängsel, wie Siebe u. dgl., für jede Etage nach Fig. 571 und nach Fig. 572 für jede Zapfstelle angefertigt (Detailbeschreibung s. bei Fig. 575, Modell 1901). Die Preise sind:

Lichte Weite	7 mm	10 mm	13 mm	16 mm	20 mm	25 mm	30 mm	40 mm
Laufende Nummer	0	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a
Leistung bei 3 Atmosph.	cbm|St. 3	cbm|St. 3,5	cbm|St. 4,0	cbm|St. 5,5	cbm|St. 6,9	cbm St. 14	cbm|St. 18,5	cbm|St. 20
Preise für Trockenläufer	Mk. 34	Mk. 40	Mk. —	Mk. 45	Mk. 48	Mk. 70	Mk. 90	Mk. 105

Lichte Weite	50 mm	65 mm	75 mm	100 mm	125 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	400 mm
					kombinierte Messer					
Laufende Nummer	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Leistung bei 3 Atmosph.	cbm|St. 45	cbm|St 56	cbm|St. 80	cbm|St. 120	cbm|St. 250	cbm|St. 345	cbm|St. 500	cbm|St. 750	cbm|St. 1200	cbm|St. 1800
Preise für Trockenläufer	Mk. 185	Mk. 170	Mk. 200	Mk. 270	Mk. 340	Mk. 400	Mk. 550	Mk. 750	Mk. 1400	Mk. 2100

Fig. 574 zeigt ein Umschaltventil für Wassermesserkombinationen, D. R.-P. Nr. 77 306 von Siemens & Halske, Berlin. Bei den bisherigen Gewichtsventilen, welche man für Kombination eines größeren und eines kleineren Wassermessers in solchen Rohrleitungen größerer Abmessung verwendete, in welchen der Durchfluß abwechselnd stark und sehr schwach ist, kann unter Umständen der Fehler auftreten, daß bei gewissen stündlichen Durchflußmengen die vor und hinter dem Ventil entstehende Druckdifferenz nicht genügt, das Ventil dauernd so hoch zu heben, um dem großen Messer eine seinem Empfindlichkeitsgrad entsprechende genügend große Wassermenge zuzuführen. Das Ventil hebt und senkt sich in der Nähe der Gleichgewichtslage mehrmals um ein geringes; der große Wassermesser läßt dann eine gewisse Wassermenge ungemessen passieren. Dieser Übelstand ist bei der vorliegenden Ventilanordnung einmal dadurch beseitigt worden, daß sowohl in die Leitung des großen als auch in die Leitung des kleinen Messers je ein Ventil eingeschaltet worden ist, und zwar sind diese beiden Ventile so miteinander verbunden, daß beim Öffnen des Ventils für den großen Messer dasjenige für den kleinen Messer geschlossen wird und umgekehrt. Des weiteren ist aber die Einrichtung getroffen, daß beim Heben des großen Ventils dasselbe plötzlich um ein bestimmtes Gewicht entlastet wird, und der hinter demselben bestehende Überdruck, der infolgedessen nur ein geringeres Gewicht zu überwinden hat, das große Ventil sofort und stets so weit öffnen wird, daß dem großen Messer eine genügende Wassermenge zuströmt, welche er zuverlässig richtig anzeigt. Währenddem das große Ventil geöffnet ist,

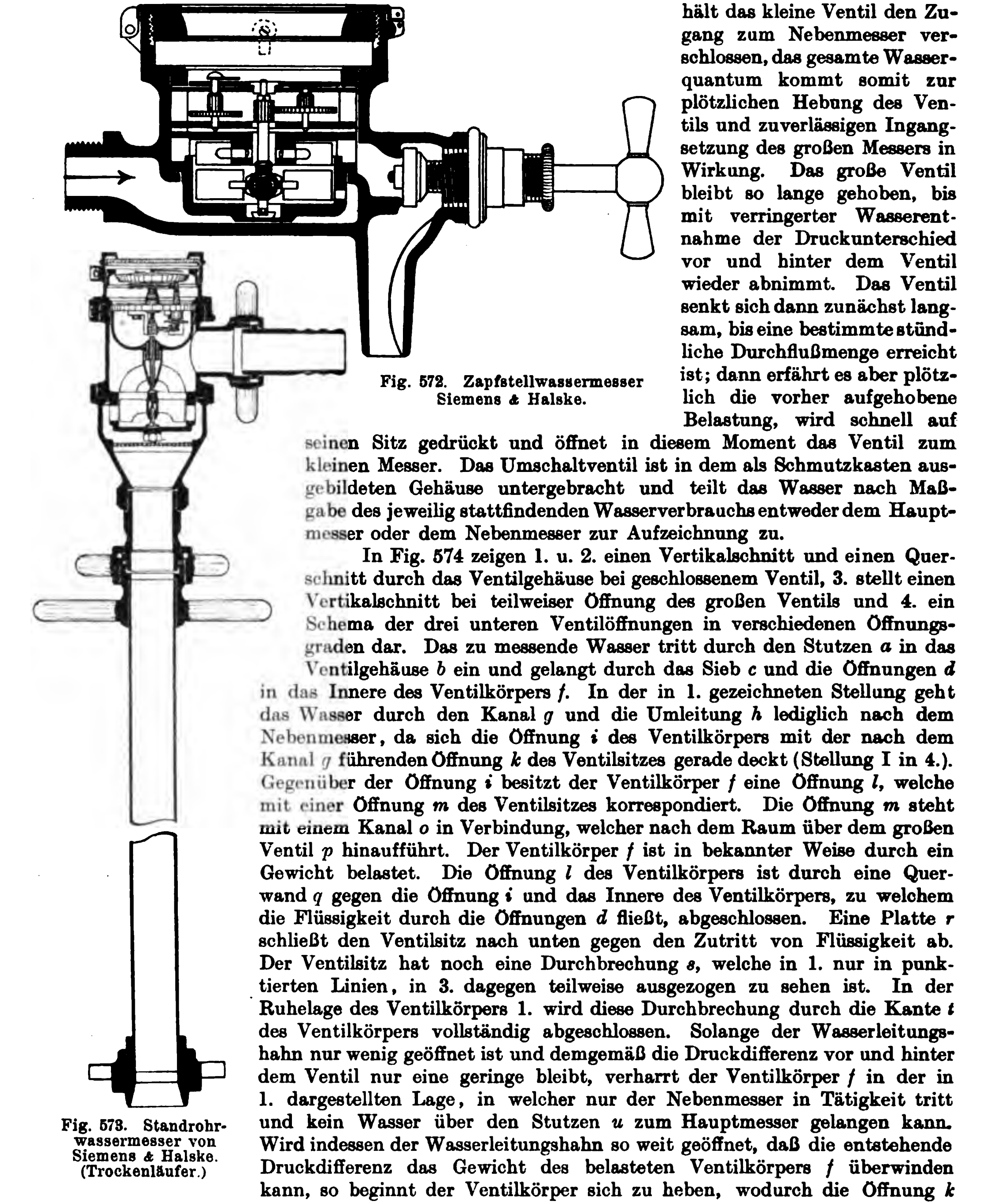


Fig. 572. Zapfstellwassermesser Siemens & Halske.

Fig. 573. Standrohrwassermesser von Siemens & Halske. (Trockenläufer.)

hält das kleine Ventil den Zugang zum Nebenmesser verschlossen, das gesamte Wasserquantum kommt somit zur plötzlichen Hebung des Ventils und zuverlässigen Ingangsetzung des großen Messers in Wirkung. Das große Ventil bleibt so lange gehoben, bis mit verringerter Wasserentnahme der Druckunterschied vor und hinter dem Ventil wieder abnimmt. Das Ventil senkt sich dann zunächst langsam, bis eine bestimmte stündliche Durchflußmenge erreicht ist; dann erfährt es aber plötzlich die vorher aufgehobene Belastung, wird schnell auf seinen Sitz gedrückt und öffnet in diesem Moment das Ventil zum kleinen Messer. Das Umschaltventil ist in dem als Schmutzkasten ausgebildeten Gehäuse untergebracht und teilt das Wasser nach Maßgabe des jeweilig stattfindenden Wasserverbrauchs entweder dem Hauptmesser oder dem Nebenmesser zur Aufzeichnung zu.

In Fig. 574 zeigen 1. u. 2. einen Vertikalschnitt und einen Querschnitt durch das Ventilgehäuse bei geschlossenem Ventil, 3. stellt einen Vertikalschnitt bei teilweiser Öffnung des großen Ventils und 4. ein Schema der drei unteren Ventilöffnungen in verschiedenen Öffnungsgraden dar. Das zu messende Wasser tritt durch den Stutzen *a* in das Ventilgehäuse *b* ein und gelangt durch das Sieb *c* und die Öffnungen *d* in das Innere des Ventilkörpers *f*. In der in 1. gezeichneten Stellung geht das Wasser durch den Kanal *g* und die Umleitung *h* lediglich nach dem Nebenmesser, da sich die Öffnung *i* des Ventilkörpers mit der nach dem Kanal *g* führenden Öffnung *k* des Ventilsitzes gerade deckt (Stellung I in 4.). Gegenüber der Öffnung *i* besitzt der Ventilkörper *f* eine Öffnung *l*, welche mit einer Öffnung *m* des Ventilsitzes korrespondiert. Die Öffnung *m* steht mit einem Kanal *o* in Verbindung, welcher nach dem Raum über dem großen Ventil *p* hinaufführt. Der Ventilkörper *f* ist in bekannter Weise durch ein Gewicht belastet. Die Öffnung *l* des Ventilkörpers ist durch eine Querwand *q* gegen die Öffnung *i* und das Innere des Ventilkörpers, zu welchem die Flüssigkeit durch die Öffnungen *d* fließt, abgeschlossen. Eine Platte *r* schließt den Ventilsitz nach unten gegen den Zutritt von Flüssigkeit ab. Der Ventilsitz hat noch eine Durchbrechung *s*, welche in 1. nur in punktierten Linien, in 3. dagegen teilweise ausgezogen zu sehen ist. In der Ruhelage des Ventilkörpers 1. wird diese Durchbrechung durch die Kante *t* des Ventilkörpers vollständig abgeschlossen. Solange der Wasserleitungshahn nur wenig geöffnet ist und demgemäß die Druckdifferenz vor und hinter dem Ventil nur eine geringe bleibt, verharrt der Ventilkörper *f* in der in 1. dargestellten Lage, in welcher nur der Nebenmesser in Tätigkeit tritt und kein Wasser über den Stutzen *u* zum Hauptmesser gelangen kann. Wird indessen der Wasserleitungshahn so weit geöffnet, daß die entstehende Druckdifferenz das Gewicht des belasteten Ventilkörpers *f* überwinden kann, so beginnt der Ventilkörper sich zu heben, wodurch die Öffnung *k* teilweise geschlossen wird, während das große Ventil *p* sich aus seinem Sitz heraushebt (3. und Stellung II—IV in 4.). In dem Moment, wo das Anheben des Ventilkörpers eben begonnen hat, wird aber auch die Durchbrechung *s* durch die untere Kante *t* des Ventilkörpers freigelegt, und zwar zunächst in ihrem unteren schmalen Teil und alsdann auch der obere breite Teil dieser Öffnung (3. und 4.). Die Folge davon ist, daß die Flüssigkeit aus dem Behälter *b* durch die Durchbrechung *s* unterhalb der Scheidewand *q* des Ventilkörpers zum Teil durch die noch offene Öffnung *l* und den Kanal *o* nach dem großen Messer entweichen kann, bevor das große Ventil geöffnet ist. Da auch aus dem Inneren des Ventilkörpers *f* die Flüssigkeit über den Kanal *o* nach dem großen Messer strömen kann, so wird der Ventilkörper von dem nach unten wirkenden Druck auf die Querwand *q*

plötzlich entlastet. Demzufolge wird der entlastete Ventilkörper sich mit großer Schnelligkeit aufwärts bewegen, so daß das große Ventil *p* rasch geöffnet und der Zugang zum kleinen Messer, sowie die Öffnung *m* des Kanals *o* gleichzeitig geschlossen wird. Die Öffnung des großen Ventils *p* erfolgt in dem Augenblick, wo die Kante *v* des Ventilkörpers mit der Oberkante des Ventilsitzes abschneidet. Vermindert sich nunmehr die Wasserentnahme wieder, so daß das Gewicht des Ventilkörpers größer ist als die Druckdifferenz, so beginnt der Ventilkörper wieder zu sinken. Die über den Ventilen durch das Kleinerstellen des Wasserleitungshahnes entstehende Drucksteigerung pflanzt sich nach hinreichend weitem Senken des Ventilkörpers auch über den

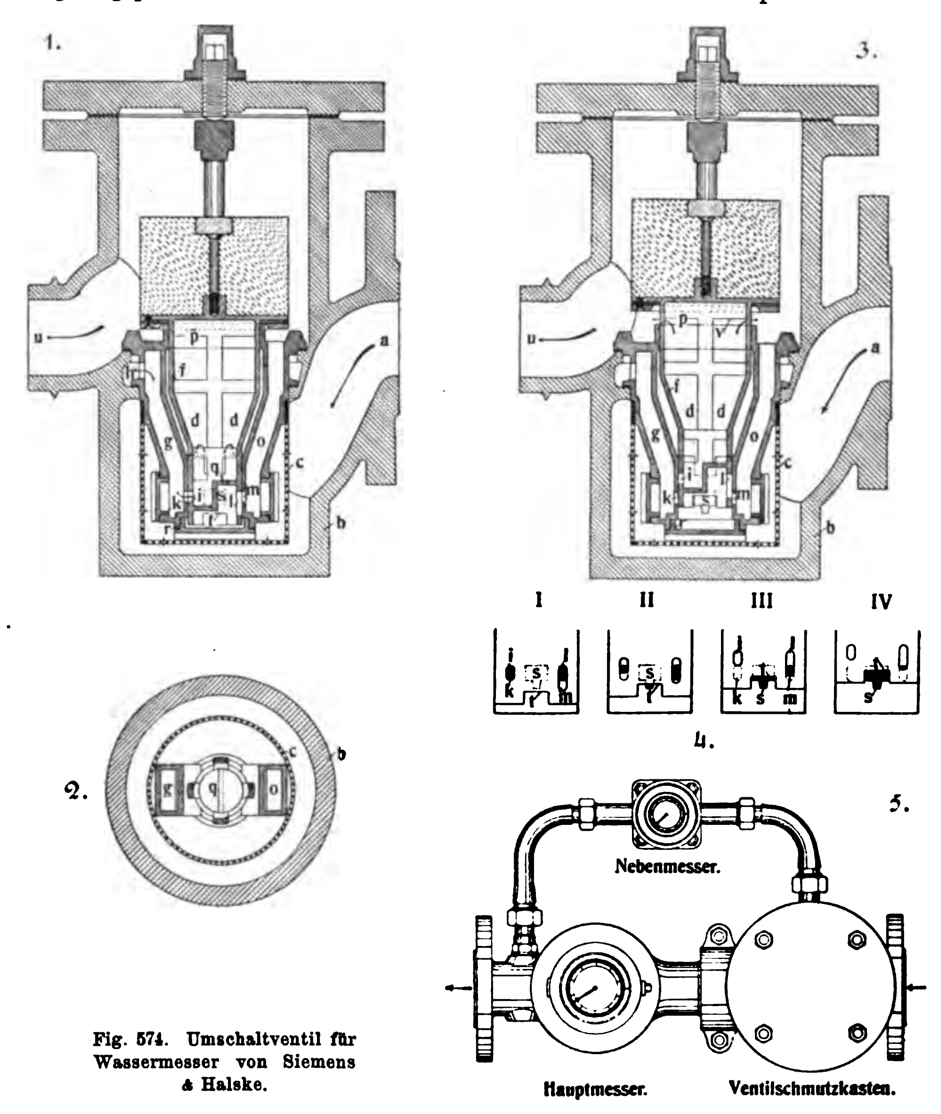


Fig. 574. Umschaltventil für Wassermesser von Siemens & Halske.

Kanal *o* und die Öffnungen *m*, *l*, *s*, *d* in das Innere des Ventilkörpers fort, so daß ein Ausgleich der Druckverhältnisse vor und hinter dem großen Ventil herbeigeführt wird. Gleichzeitig kann das unter der Querwand *q* befindliche Wasser über *l*, *m* und *o* nach dem großen Messer entweichen. Demzufolge erfolgt nunmehr ein schnelles Sinken des Ventilkörpers. In 5. ist die äußere Form der Wassermesserkombination dargestellt.

Fig. 575 zeigt den Flügelradwassermesser Modell 1901 mit Reguliervorrichtung, D. R.-P. Nr. 116930, von Siemens & Halske in etwas veränderter Ausführungsform gegenüber Fig. 571; Einfluß- und Ausflußstutzen sind am Gehäuseoberteil angeordnet und liegen in einer Mittelachse. Verfolgt man den Weg des Wassers, so tritt dasselbe bei *e* in den unteren Teil des Messers ein, passiert ein h o r i z o n t a l angeordnetes großes Sieb *b* und läßt alle festen Körper, Schmutz u. dgl., in dem

Schmutzkasten zurück. Diese fallen auf den Boden und verstopfen nicht durch Ablagern die Sieblöcher. Das Wasser tritt nun durch eine Anzahl gleichmäßig verteilter schräger Kanäle *c* in den Meßraum *f* und treibt in Strahlen unter tangentialem Angriff das Schaufelrad *d*. Das Schaufelrad läuft auf dem Spurstift *m* mit Achatspitze; über den Schaufeln sitzen um horizontale Achsen drehbare Stauschaufeln *gg*, welche den doppelten Zweck haben, einerseits die Rotation des Messers nach Schluß der Wasserentnahme aufzuheben und anderseits den Gang des Messers richtig zu regulieren. *Diese Art der unter* D. R.-P. Nr. 116 930 *patentierten Regulierung hat vor sämtlichen anderen Reguliervorrichtungen den Vorzug, daß die Regulierung nicht auf Kosten der Leistungsfähigkeit des Wassermessers erfolgt.* Die Schaufelradwelle läuft in der Bohrung des Ölbechers *h* und überträgt die Umdrehungen des Flügelrades auf ein Zählwerk. Letzteres ist

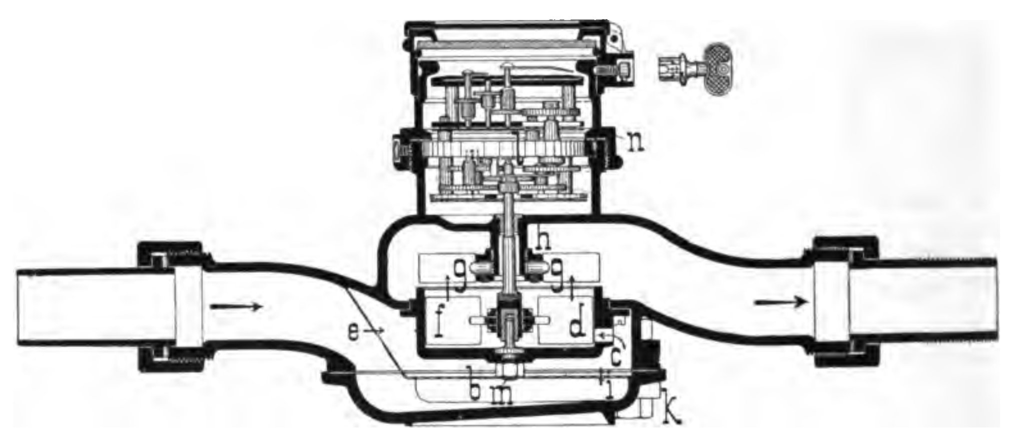


Fig. 575. Flügelradwassermesser Siemens & Halske, Modell 1901.

auf der Platte *l* montiert, welche in dem Gehäuse fest eingepaßt ist, so daß sie mittels einer Gummileinwandpackung und des Kopfes *n* einen wasserdichten Abschluß des Zeigerwerkes bildet. Der Messer ist also ein Trockenläufer. Eine durch die Platte *l* geführte konische Welle überträgt den Gang des Zählwerkes auf das Zeigerwerk.

Der Messer ist ferner, wie schon bemerkt, mit einer außerhalb des eigentlichen Meßapparates horizontal angeordneten geräumigen Schmutzkapsel versehen, welche ein Scheibensieb von großem freien Querschnitt trägt, so daß dem durchfließenden Wasser nur ein ganz geringer Widerstand entgegengesetzt wird. Das Sieb wird durch die im Unterteil befindliche Auflage *i* an den Grundbecher angedrückt, und zwar vermittels der vier Schrauben *k*, welche das Unterteil mit dem Oberteil verbinden. *Diese Schrauben liegen in Schlitzlöchern und lassen sich bei geringer Lockerung der Muttern seitwärts entfernen. Durch diese Einrichtung wird erreicht, daß man das als Schmutzkapsel ausgebildete Unterteil zugleich mit dem Sieb bequem losnehmen* und wieder einfügen kann, *ohne den Messer aus der Leitung* nehmen zu müssen. Die *horizontale Anordnung* des Scheibensiebes vermeidet ein *Verschlammen des Siebes*, wie es bei der *vertikalen* Anordnung *sehr häufig* eintritt, *und vermindert so die Betriebskosten ganz wesentlich.*

Preisliste der „Normalwassermesser“ Modell 1901 (Fig. 575).

Laufende Nummer	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Leistung bei 10 m Druckverlust. . .	cbm|St. 2	cbm|St. 3	cbm|St. 5	cbm|St. 7	cbm|St. 10	cbm|St. 20	cbm|St. 30	cbm|St. 50	cbm|St. 100	cbm|St. 200	cbm|St. 400
Beginn des richtigen Anzeigens .	0,065	0,075	0,10	0,125	0,175	0,30	1,2	2,0	4,7	cbm	Stde.
Lichte Weite des Anschlusses . . .	mm 20	mm 20	mm 20	mm 25	mm 25	mm 40	mm 50	mm 70	mm 100	mm 150	mm 200
Preis	Mk. 42	Mk. 45	Mk. 48	Mk. 70	Mk. 90	Mk. 105	Mk. 200	Mk. 260	Mk. 310	Mk. —	Mk. —

Preise der Wassermesserkombinationen Modell 1901.

Laufende Nummer	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Haupt- und Nebenmesser l. W. . . .	mm 40/10	mm 50/20	mm 65/20	mm 75/20	mm 100/25	mm 125/25	mm 150/25	mm 200/40	mm 250/40	mm 300/40	mm 400/50
Preis mit Gewichtventil	Mk. 177,30	Mk. 211,35	Mk. 246,35	Mk. 279,35	Mk. 381,55	Mk. 491,55	Mk. 551,55	Mk. 833,40	Mk. 1073,65	—	—
Preis mit gesteuertem Doppelventil (Fig. 574)	—	287,60	347,60	380,60	526,80	—	—	—	—	—	—

Fig. 576 bis 578 zeigen die Wassermesser mit Woltmannschem Flügel von H. Meinecke in Breslau. Der Erfinder des jetzigen „Woltmann-Messers" ist Thiem-Leipzig, welcher im Jahre 1897 den ersten derartigen Messer für die Naunhofer Wasserwerksanlage [60] konstruierte, wo es darauf ankam, große Wassermengen bei geringem Druckverlust zu messen. Die Versuche mit diesem neuen Messer wurden von Rother-Leipzig geleitet und mit großem Erfolge fortgesetzt; in [74] sind sowohl die Theorie als auch die Versuche mit den verschiedenen Größen umfassend dargelegt. Die A.G. vorm. H. Meinecke-Breslau hat die weitere Durchbildung und Fabrikation der Woltmann-Messer in die Hand genommen.

Meineckes Wassermesser mit Woltmannschem Flügel ermöglichen, wie vorstehend angedeutet, die Messung von großen Wassermengen bei geringem Druckverlust. Hierzu kommt als weiterer Vorzug die große Empfindlichkeit im genauen Anzeigen kleiner Wassermengen. Die Überlegenheit der Woltmann-Messer in diesen beiden Punkten gegenüber Geschwindigkeits- und Volumenmessern aller anderen Systeme tritt deutlich hervor, wenn man beispielsweise einen Woltmann-Messer von 100 Millimeter Lichtweite mit einem ihm entsprechenden Flügelradmesser vergleicht.

System des Messers	Lichte Weite	Leistung bei 10 m Druckverlust	Grenze des genauen Anzeigens ± 2 Proz.
	mm	cbm/St.	Liter/Sek.
Woltmann-Messer	**100**	500—600	0,75
Flügelradmesser	**250**	500—600	1,7—1,9

Während also in Bezug auf die Leistung bei 10 Meter Druckverlust dem 100 Millimeter-Woltmann-Messer erst ein 250 Millimeter-Flügelradmesser entspricht, übertrifft der Woltmann-Messer den entsprechenden Flügelradmesser um mehr als das Doppelte in Bezug auf die Genauigkeit im Anzeigen kleiner Wassermengen. Es ist hierbei noch zu berücksichtigen, daß der Preis eines 250 Millimeter-Flügelradmessers denjenigen des 100 Millimeter-Woltmann-Messers ganz erheblich übersteigt. Ähnlich stellen sich die oben angegebenen Verhältniszahlen auch für die anderen Größen der Flügelrad- und Woltmann-Messer. Ein zweiter großer Vorteil der Woltmann-Messer besteht darin, daß dieselben im allgemeinen eines Siebes oder Schlammkastens entbehren können, da kleinere Schmutzbestandteile, wie sie oft das Wasser mit sich führt, ohne Schaden für den Mechanismus des Messers leicht hindurchgespült werden. Damit jedoch auch bei solchen Verwendungsarten der Woltmann-Messer, wie z. B. Messung der Ergiebigkeit von Bohrlöchern, bei welchen ein Verschmutzen des Wassers durch Schlamm, Hanffäden u. s. w. in starkem Maße eintreten kann, eine Störung des Übertragungsmechanismus (Schnecke und Antriebsrad) nicht zu befürchten ist, hat Meinecke eine Schutzvorrichtung konstruiert, welche ähnlich einer Kapsel die Schnecke des Flügels und das Antriebsrad eng umschließt, und dadurch das Eindringen von Fremdkörpern in das Bewegungsgetriebe verhindert. Von wesentlichem Vorteil ist endlich die geringe Ausdehnung der Woltmann-Messer in Länge, Breite und Höhe (s. Tab. S. 419), sowie das geringe Gewicht, in welcher Beziehung sie, ganz abgesehen von den umfangreichen Kolbenmessern, auch jedem anderen Messersystem überlegen sind. Die kleineren Flügelradmesser von 7 bis 40 Millimeter Lichtweite lassen sich durch Woltmann-Messer entsprechender Größe nicht ersetzen, da diese Messer zweckmäßig nicht kleiner als bis 50 Millimeter Lichtweite zu bauen sein dürften. Die Woltmann-Messer können verwendet werden zu folgenden Zwecken:

1. Messung des von Wasserwerken oder sonstigen Zentralstellen an Städte oder Ortschaften zugeführten Wassers behufs Kontrolle des Gesamtverbrauchs oder des Verbrauchs einzelner Distrikte (Distriktwassermesser).

2. Kontrollmessung des Wasserverbrauchs einzelner Fabrikbetriebe in großen Werken, besonders dort, wo nur eine minimale Druckverminderung in der Leitung durch Einschalten des Meßapparats eintreten darf.

3. Messung des Wasserverbrauchs von hydraulischen Aufzügen, Springbrunnen, größeren Kesselanlagen bei Verwendung von kaltem Speisewasser, Kontrolle der Leistung von Pumpen u. s. w.

4. Messung der Ergiebigkeit von Bohrlöchern bei Bohrversuchen.

5. Messung von Naphtha etc. beim Auslauf aus den Reservoiren in die Ladeschiffe.

Der Woltmann-Messer (s. Fig. 576) setzt sich zusammen aus einem geraden Rohrstück (Trommel) aus Bronze oder bei größeren Messern aus Gußeisen, welches zur Lagerung des Woltmann-Flügels an beiden Enden zwei Lagerkreuze und zum Einbau in die Rohrleitung Normalflanschen hat, dem Woltmann-Flügel aus Zelluloid mit dem Übertragungsmechanismus, bestehend aus Schnecke und Antriebsrad, und dem auf das Rohrstück (Trommel) aufgeschraubten Kopf, welcher das Zähl- und Zifferblattwerk aufnimmt. Der Woltmann-Messer gehört zur Kategorie der Trockenläufer, d. h. Zifferblattwerk und Zählerwerk sind wasserdicht gegeneinander abgeschlossen. Nach dem Vorgange von R o t h e r -Leipzig wird der Woltmann-Flügel als ein mit schraubenförmigen Paletten versehener Hohlkörper ausgeführt, welcher mit Ausnahme seiner Metallachse aus Zelluloid besteht. Durch die sinnreiche Ausgestaltung des Flügelkörpers als Hohlkörper ist es gelungen, den Flügel so zu konstruieren, daß derselbe im Wasser schwimmt und damit die Zapfenreibung auf das geringste Maß beschränkt ist. Hierdurch ist es erst ermöglicht worden, eine für die Forderungen der Praxis genügende Empfindlichkeit der Messer zu erreichen. Infolge der Wahl eines Körpers von spezifisch so geringem Gewicht wie Zelluloid als Hauptmaterial sind die Umdrehungen des Flügels genau proportional der durchfließenden Wassermenge geworden. Es gilt nämlich mit für die Praxis vollkommen hinreichender Genauigkeit die einfache Beziehung: $Q = h \cdot f \cdot u$, d. h. die Wassermenge Q pro Zeiteinheit ist gleich dem Produkt aus Ganghöhe h der Schraubenfläche multipliziert mit dem Rohrquerschnitt f — abzüglich des Flügelquerschnitts — und den Umdrehungen u pro Zeiteinheit. Da h und f Konstanten sind, so ist die durchfließende Wassermenge Q direkt durch die Zahl der Umdrehungen des Flügels bestimmt.

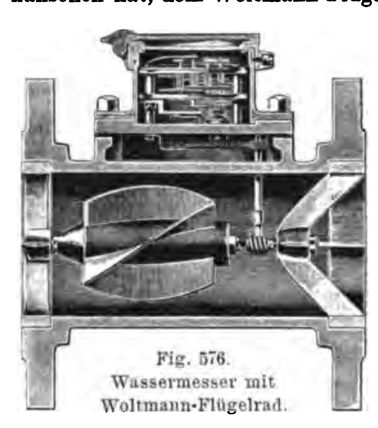


Fig. 576. Wassermesser mit Woltmann-Flügelrad.

Der Einbau von Woltmann-Messern erfolgt entweder durch einfache Normalflanschenverbindung des Messerkörpers mit einer Rohrleitung von gleichem Durchmesser oder mit Hilfe von konischen mit Flanschen versehenen Übergangsrohrstücken, wenn der Durchmesser der Rohrleitung größer als der des Messers ist. Letzterer Fall wird der häufigste sein, da die Durchlaßfähigkeit der Woltmann-Messer einerseits so groß und der dabei auftretende Druckverlust anderseits so gering ist, daß die Einschaltung eines kleineren Messers in eine weitere Rohrleitung unbedenklich erfolgen kann; so sind Einschnürungen von z. B. 350 Millimeter auf 100 Millimeter nicht ungewöhnlich (s. nachstehende Tabelle). Zweckmäßig ist es, ein bewegliches Messeransatzstück (s. Fig. 577) oder ein Stopfbüchsenrohr direkt hinter dem Messer einzubauen, um den Aus- und

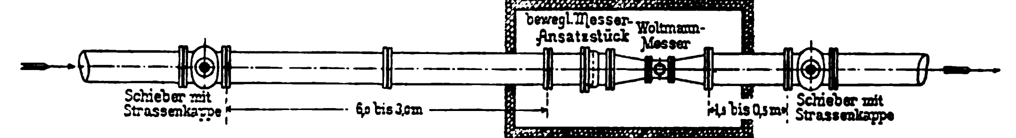


Fig. 577. Einbau von Woltmann-Messern nach Meinecke.

Einbau jederzeit leicht vornehmen zu können. Zur richtigen Wirkungsweise der Woltmann-Messer ist es erforderlich, daß die Wasserfäden möglichst parallel auf die Paletten des Flügels treffen und auch hinter dem Flügel der Weg des Wassers ein möglichst unbehinderter ist. Daher ist es notwendig, vor und hinter dem Messer, um Ablenkungen des Wassers zu vermeiden, eine gerade Rohrstrecke vorzusehen, deren Länge sich nach der Größe des einzubauenden Wassermessers richtet. Im allgemeinen ist es empfehlenswert, vor dem Messer eine gerade Rohrstrecke von 6—3 Meter und hinter dem Messer eine solche von 1,5—0,5 Meter anzuordnen, wie es die Fig. 577 veranschaulicht. An den Enden dieser Rohrstrecke sind die notwendigen Schieber anzubringen. Falls sich die Anwendung von Sieben als notwendig erweist, so ist darauf zu achten, daß das Sieb möglichst einen größeren Durchmesser erhält als der Messer. Man wird dasselbe daher am vorteilhaftesten am Anfang des vor dem Messer liegenden konischen Übergangsrohrstückes

einbauen, damit der freie Siebquerschnitt sich zum Messerquerschnitt so günstig wie möglich verhält. Um den bequemen Ausbau des Siebes, ohne den Messer aus der Leitung zu nehmen, möglich zu machen, ist das bewegliche Messeransatzstück oder das Stopfbüchsenrohr vor dem Messer anzuordnen. Versuche haben ergeben, daß auch einem vertikalen Einbau von Woltmann-Messern nichts im Wege steht und daß hierdurch die Empfindlichkeit nur ganz unbedeutend beeinflußt wird.

Wird eine elektrische Kontaktdose auf den Wassermesser geschraubt und mit dem Zeiger in Verbindung gebracht (s. Fig. 578), so schließt der Messer, den Verhältnissen entsprechend, nach Durchfluß von je 0,5, 1, 2, 5, 10 u. s. w. Kubikmeter Wasser einen Moment den Kontakt und jedesmal wirkt ein elektrischer Strom auf einen Registrierapparat. Dieser besteht aus einem Laufwerk und einem mit Registrierstreifen versehenen Zylinder. Jeder Stromschluß veranlaßt eine Drehung des letzteren um $^1/_{100}$ resp. $^1/_{200}$ des Umfangs und eine Zeichenfeder markiert inzwischen einen horizontalen Strich. Diese Feder wird von einem Uhrwerk in 24 Stunden gleichmäßig von oben nach unten an der Papiertrommel entlanggezogen. Es entsteht daher eine stufenförmige Spirale, deren horizontale Striche je 0,5 1, 2 u. s. w. Kubikmeter bedeuten, während die vertikalen die Dauer des Durchflusses angeben. Jede ganze Windung stellt entsprechend 100, 200, 1000 u. s. w. Kubikmeter Durchfluß dar. Der Registrierapparat ist in einem verschließbaren Glaskasten montiert, und braucht nur alle 24 Stunden bedient, d. h. sein Uhrwerk aufgezogen und der Papierzylinder ausgewechselt zu werden. Dem Wärter ist ca. 1 Stunde Spielraum zum Bedienen gestattet; wird das Bedienen versäumt, so schaltet sich der Apparat selbsttätig aus.

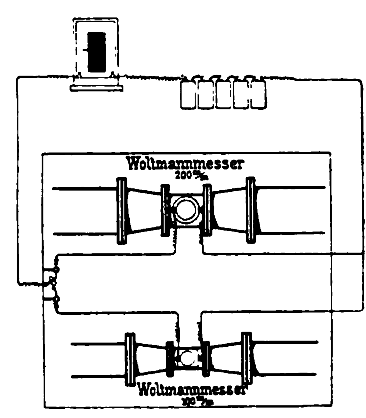


Fig. 578. Registrierende Woltmann-Messeranlage im Wasserwerk Ostende.

Zu der Anlage sind zwei bis drei gewöhnliche Elemente erforderlich, sowie die Leitung aus dünnem isolierten Kupferdraht. Eine solche besonders erwähnenswerte Anlage wurde für das Wasserwerk Ostende nach Fig. 578 ausgeführt. Da der Wasserverbrauch zu verschiedenen Zeiten dort sehr stark schwankt, zwischen 2 und 200 Liter pro Sekunde, ist eine kurze Strecke der Leitung in Tag- und Nachtstrang geteilt worden und ein Woltmann-Messer von 100 Millimeter Durchmesser, sowie ein solcher von 200 Millimeter Durchmesser parallel zum Einbau gekommen. Beide registrieren getrennt abwechselnd Tag resp. Nacht den Durchfluß auf demselben Registrierapparat; der Wärter hat nur morgens und abends, wenn er die Leitungen umschaltet, auch einen Schalter in der elektrischen Leitung umzustellen.

Tabelle der Woltmann-Messer.

Trommel-lichtweite	Der Messer: Leistung bei 10 m Druckverlust	Der Messer: registriert noch genau bis ± 2 Proz. bei Durchfluß von	Der Messer: zeigt noch Verbrauch an bei Durchfluß von	Baulänge	Gewicht
mm	cbm pro Stunde	Liter pro Sekunde	Liter pro Sekunde	mm	kg
50	100	0,3	0,1	155	7,5
70	200	0,6	0,2	205	11,0
100	500	0,75	0,25	240	19,5
150	1 200	1,75	0,6	250	32,0
200	2 000	2,5	0,8	260	42,0
300	4 500	10	2,5	400	88,0
500	12 500	20	5,0	500	200,0

Der Woltmann-Wassermesser ist unter Nr. 167 966 der Breslauer Metallgießerei (Meinecke) und unter Nr. 173 887 der Firma Siemens & Halske in Deutschland patentiert.

Wassermessergruppen für Hauptrohrleitungen. Bei Rohrleitungen über 200 Millimeter Lichtweite empfiehlt es sich, zur Feststellung des Durchflußquantums mehrere Wassermesser, welche zusammen dem Querschnitt des Hauptrohres entsprechen, zu einer Gruppe zu vereinigen; die Empfindlichkeit läßt sich dadurch

wesentlich erhöhen. Eine solche Anordnung zeigt Fig. 579 (nach Bopp & Reuther, Mannheim). Auf beiden Seiten der Wassermesser befinden sich Absperrschieber, um etwaige Reparaturen, Reinigung der Schlammkasten u. dgl. ohne Betriebsstörung vornehmen zu können, da immer ein Wassermesser im Betrieb gelassen werden kann, während der andere stillsteht.

Nachstehend sind einige Wassermessergruppen obengenannter Firma zusammengestellt:

Hauptrohr lichte Weite.	100 mm	125 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	350 mm	400 mm	450 mm	500 mm
Anzahl der Wassermesser bez. lichte Weite	2/80	2/100	2/125	2/150	2/200	3/200	4/200	5/200	6/200	7/200
Anzahl der Wassermesser bez. lichte Weite	3/65	3/80	3/100	3/125	3/150	4/150	3/200	—	—	—
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Größte Baulänge ca. . .	2180	2380	2600	2850	3300	3600	4150	4300	4450	4600
Größte Breite ca.	890	920	1040	1070	1150	1540	1860	2350	2840	3350

Mit der in Fig. 579 ersichtlichen Anordnung von zwei gleich großen Wassermessern kann durch Einschalten eines kleinen Nebenmessers zwischen den beiden Zwieselrohren mittels etwa 1/2zölliger schmiedeiserner Leitung eine Kontrolle auf Dichtheit der Hauptleitung verbunden werden, indem z. B. in bekannten Nachtzeiten, wo kein Verbrauch stattfinden sollte, der kleine Nebenmesser noch sehr geringe Durchflußmengen anzeigt, sobald die beiden großen Wassermesser zur Probe kurze Zeit mittels der Schieber abgeschlossen werden. In Fig. 579 ist noch ein gleich großer Wasser-

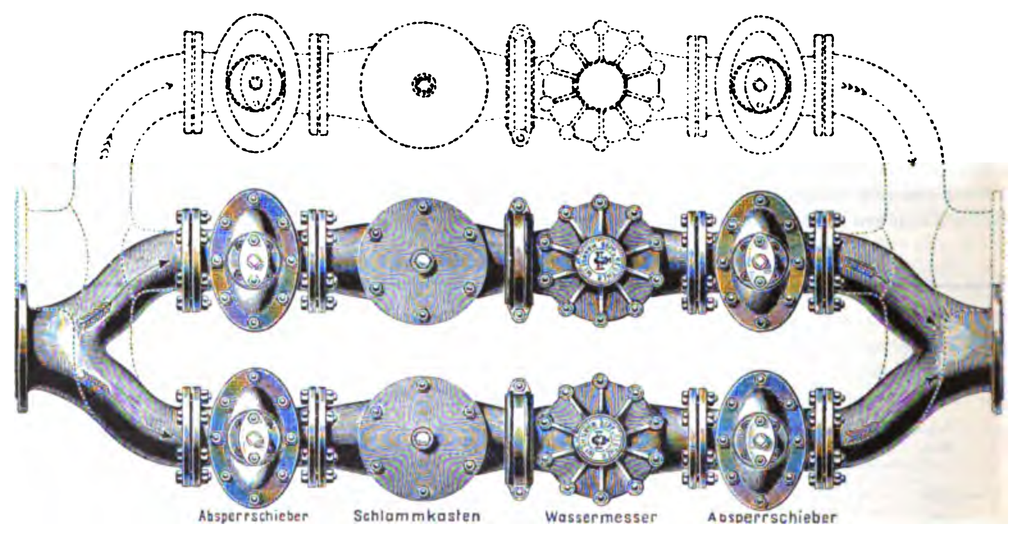


Fig. 579. Wassermessergruppen für Hauptrohrleitungen.

messer zu den beiden anderen punktiert angegeben. Diese Gruppierung läßt sich auch in der Weise ausführen, daß die beiden äußeren Messer das große Kaliber erhalten, welches zusammen der Hauptleitung entspricht, während der mittlere Messer ein wesentlich kleineres, bis zu 50 oder 20 Millimeter herab, erhält, um so bei variablem Verbrauch auch kleine Wasserentnahmen mit Genauigkeit anzuzeigen. Die beiden äußeren großen Messer sind dann mit Umschaltventilen in den Schlammkasten nach Fig. 565 bezw. 574 zu versehen und können auch mit verschieden großen Kalibern bezw. Belastungen zur Ausführung kommen, so daß sie stufenweise sich selbst einschalten, wenn der Verbrauch größer und größer wird.

4. Kesselspeisewassermesser unterliegen in vieler Hinsicht ganz anderen Bedingungen wie die gewöhnlichen Wassermesser. In den seltensten Fällen handelt es sich bei den Speisewassermessern um gewöhnliches Leitungswasser, sondern

um heißes, meist chemisch vorbereitetes Wasser (vgl. S. 369 und [61]), auch nicht nur um den Wasserzins, sondern um möglichst zuverlässige Angabe des durchgeflossenen Wasserquantums, damit aus diesen Angaben auf die Betriebstüchtigkeit der Dampfanlage geschlossen werden kann. Die Speisewassermenge ist nach zwei Richtungen hin ein Gradmesser für die Güte einer Dampfanlage: einmal, für sich betrachtet, gibt sie ein Bild von der verbrauchten Dampfmenge, das andere Mal, mit den gleichzeitig verbrannten Feuerungsmaterialien (Kohle, Koks, Torf, Holz etc.) verglichen, bietet sie die Möglichkeit, die Güte dieser Materialien, die Pflichterfüllung des Heizers und den Zustand des Kessels zu kontrollieren. Bei wechselndem Betrieb sind die Angaben des Speisewassermessers weniger zuverlässig zu verwerten, weil vielerlei Faktoren gegeneinander stehen; umso sicherer dagegen bei regelmäßigen Betrieben (Wasserwerke). Ist z. B. der Speisewasserverbrauch zum Kohlenverbrauch relativ groß, so ist in der Speiseleitung, im Dampfkessel oder überhaupt an den das Speisewasser enthaltenden Organen ein Defekt, der das Wasser unverdampft austreten läßt. Die Feuerung kann hierbei normal sein. Ist der Speisewasserverbrauch relativ klein, so ist das Feuerungsmaterial schlechter als sonst, da es eine geringere Wassermenge zur Verdampfung bringt, oder es sind Fehler am Feuerherd, Undichtheiten in den Kesselzügen, Kamindefekte u. s. f. vorhanden. Steigt der Speisewasserverbrauch, und mit ihm der Kohlenverbrauch, so ist eine undichte Stelle in den dampfführenden Leitungen oder in der Dampfmaschine selbst zu suchen, da der Dampfverbrauch damit zusammenhängt. Bei gleichbleibenden Betriebsverhältnissen gibt der Mindestverbrauch an Speisewasser, sowie der Mindestverbrauch an Brennmaterial denjenigen günstigen Zustand der Dampfanlage an, dessen Erhaltung die Aufgabe des Personals sein soll. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß die Gesamtwassermengen, welche von den Wassermessern zu registrieren sind, im Kesselbetrieb ganz bedeutende Dimensionen erreichen. In verschiedenen Städten mit Kraftzentralen für die Elektrizitätswerke von 10000 PS und darüber erreicht der Speisewasserverbrauch weit mehr als 50 Kubikmeter in der Stunde oder rund 14 Sekundenliter; mithin liegen hier ganz andere Verhältnisse vor als bei gewöhnlichen Hauswasserleitungen.

Mißt man die den Kesseln zugeführte Wassermenge mit Flügelradmessern, so zeigen dieselben bei der Registrierung, wie Meinecke fand, je nach der Betriebsart (Speisung der Kessel durch Kolbenpumpen oder Injektoren) größere oder geringere Abweichungen von der wirklich durchgeflossenen Wassermenge. Da die Ursache für dieses Falschzeigen immer die gleiche ist, so kann der Ungenauigkeitsgrad für jeden Fall festgestellt werden. Bringt man alsdann diesen Koeffizienten in Rechnung, so ist die wirkliche Durchflußmenge leicht annähernd zu ermitteln. Die Ursachen für das Falschzeigen sind folgende:

A. Beim Pumpenbetrieb: Das Wasser wird stoßweise durch den Messer gedrückt, wodurch eine ungleichmäßige Bewegung des Flügelrads hervorgerufen wird. Dieselbe Wirkung wird dadurch veranlaßt, daß das Wasser während des Kolbenhubs mit wechselndem Druck durch die Leitung getrieben wird, indem die angesaugte Wassermenge nicht immer die gleiche ist. Die Mittel zur Verhinderung dieses Übelstands sind folgende:

a) Der Wassermesser wird in die Druckleitung, also zwischen Pumpe- und Kesselspeiseventil, geschaltet; in die Saugeleitung geschaltet würde der Messer angesaugte Luft mitzählen.

b) Zwischen Wassermesser und Pumpe ist ein möglichst großer Windkessel zur Abschwächung der Stöße und Erzielung einer möglichst konstanten Strömung einzubauen.

Die Fehler im Anzeigen betragen bei diesem Betriebe + 7 bis 8 Prozent, bleiben aber konstant, wie durch zahlreiche Versuche festgestellt worden ist. Die Speisung durch Kolbenpumpen ist bei Verwendung von Flügelwassermessern zur Messung der Speisewassermengen die ungünstigste, dagegen ist die Speisung durch Hochdruckkreiselpumpen die beste.

B. Beim Injektorenbetrieb: Die auftretenden Mängel sind die gleichen beim Betrieb durch „saugende Injektoren“ und „nichtsaugende Injektoren“. Beim Ansaugen zieht bezw. drückt der Injektor nicht das ganze Wasser in den Kessel, sondern es geht ein Teil desselben verloren, welchen man das „Schlapperwasser“ nennt. Letzteres hat der Wassermesser, welcher in diesem Falle in die Saugleitung eingeschaltet ist, mitgezählt. Fängt man dieses Schlapperwasser in einem unter den Injektor gestellten Gefäß auf, mißt es und zieht es von der angezeigten Wasser-

menge ab, so erhält man das wirklich zur Speisung benutzte Wasserquantum. Baut man den Wassermesser zur Vermeidung dieses Übelstands in die Druckleitung, also zwischen Injektor und Speiseventil ein, so wird derselbe neben dem Speisewasser auch die Wassermenge des kondensierten Dampfes registrieren; desgleichen wird der durchströmende Dampf eine beschleunigte Drehung des Flügelrads hervorrufen. Der auch in diesem Falle konstante Fehler beträgt, wie durch zahlreiche Versuche festgestellt wurde, ca. + 7 bis 8 Prozent gegenüber dem wirklichen Verbrauchsquantum. Ist dieser Ungenauigkeitsgrad einmal festgestellt, so wird die zur Speisung verwendete Wassermenge hinreichend genau ermittelt werden können. Der Injektorbetrieb ist bei Verwendung von Flügelwassermessern zur Messung des Kesselspeisewassers der vorteilhaftere. Als allgemeine Regeln sind zu beachten:

1. Der Wassermesser ist bei Pumpenbetrieb in die Druckleitung und vor denselben ein großer Windkessel einzubauen; der Luftinhalt im Windkessel ist einer genauen Kontrolle zu unterwerfen.

2. Der Wassermesser ist bei Injektorbetrieb vorteilhaft in die Saugleitung, also vor den Injektor einzubauen, kann aber auch in die Druckleitung zwischen Injektor und Kesselspeiseventil eingebaut werden.

3. Der Wassermesser ist, bevor derselbe in Gebrauch genommen wird, einer größeren Anzahl, etwa 5 Prüfungen zu unterwerfen. Hierbei ist der mittlere Ungenauigkeitsgrad zu bestimmen. Der ermittelte Koeffizient wird bei der Feststellung des wirklich verbrauchten Wasserquantums in Rechnung gesetzt. Die Prüfungen werden in der Weise vorgenommen, daß das Wasser einem Behälter entnommen wird, in das ein genau abgemessenes Quantum hineingefüllt wurde. Beispiel zur Notierung der bei einer Prüfung ermittelten Resultate:

Nr.	Stand des Wassermessers beim Beginn der Probe	Stand des Wassermessers beim Ende der Probe	Stand des Meßgefäßes beim Beginn der Probe	Stand des Meßgefäßes beim Ende der Probe	Vom Wassermesser angezeigte Menge	Schlapperwassermenge	Gemessene Wassermenge	Differenz in Prozent ±	Bemerkungen
	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter		
1	9 828	10 031	400	200	203	2	200	+ 0,5	
2	10 205	10 505	373	74	300	1	299	± 0,0	

4. Der Wassermesser ist in kürzeren Zeitabschnitten, etwa alle 4 bis 8 Wochen, je nach der Beschaffenheit des Wassers einer gründlichen Reinigung zu unterwerfen und von Inkrustationen durch Kesselstein oder anderen Stoffen zu befreien.

5. Zur Ausschaltung des Messers ohne Betriebsstörung empfiehlt sich die Anbringung einer Ersatzleitung mit eingebauten Schiebern bezw. Ventilen (s. Fig. 587).

Zuverlässige Speisewassermesser müssen vor allen Dingen ungestört von der stoßweisen Pumpenlieferung arbeiten und — wie erwähnt — genau anzeigen. Hierzu eignen sich also zum vornherein schon alle Kolbenwassermesser. Indessen sind auch eine ganze Reihe anderer Konstruktionen vorhanden, die wir im folgenden teilweise vorführen (vgl. auch [57] und D. R.-P. Nr. 62 678, 71 660, 97 613, 103 348, 106 085, 107 340, 112 426). Es ist selbstverständlich, daß sich im übrigen jede dieser Konstruktionen auch für Wassermessung unter anderen Verhältnissen verwenden läßt.

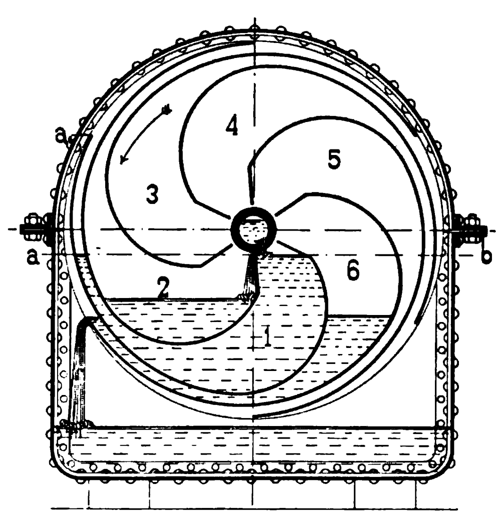


Fig. 580. Trommelwassermesser Reisert.

Trommelflüssigkeitsmesser von Reisert. Dieser in Fig. 580 dargestellte, nicht unter Druck arbeitende Messer ist geeignet für schmutziges oder heißes Wasser, da er keine Teile besitzt, die, mit derlei Wasser bespült, notleiden. Durch die festgelagerte hohle Achse, welche seitlich einen Schlitz hat, strömt das Wasser in eine auf Rollen gelagerte Trommel aus, die sich um die festliegende Achse dreht. Die Abteilungen der Trommel füllen sich hintereinander derart, daß jeweilig diejenige, welche sich gerade unter dem Schlitz befindet (Abteilung 1) überfüllt wird; vor dieser Über-

füllung kann sich die Trommel nicht weiterdrehen, es muß vorher erst aus der Abteilung 1 genügend Wasser in die Abteilung 2 geflossen sein; eine Unterfüllung kann demnach nicht eintreten. Das Überfließen aus der Abteilung 1 in die nächstfolgende Abteilung 2 dauert nun so lange, bis die Ausmündung a_1 (in der Figur links oben) in derselben Höhe sich befindet, wie der Wasserspiegel a—b der Abteilung 1. Inzwischen ist aber die letztere dem Wassereinfluß entzogen, indem sie nach rechts ausgewichen ist, so daß von dem Zeitpunkt an, wo sich der Ausguß a_1 in der Höhe a—b befindet, das genaue Maß der betreffenden Abteilung 1 gegeben ist. Bei der Weiterdrehung der Abteilung 1 beginnt die Entleerung in ein unterstehendes Bassin oder dgl., wie Abteilung 6 zeigt. Während der Füllung der 2. Abteilung dreht sich die Trommel immer in der Pfeilrichtung weiter, da ihr Schwerpunkt während des Betriebs infolge des beschriebenen Zulaufs stets auf der linken Seite der Achse liegt. Bei heißem steinhaltigem Wasser verkleinern sich mit der Zeit die Inhalte der Abteilungen. Die Umdrehungen der Trommel werden durch ein auf der Außenseite des Bassins angebrachtes Zählwerk angezeigt, an welchem das durch die erstmalige Eichung pro Umdrehung erhobene Wasserquantum fortlaufend abgelesen werden kann.

Lichtweite des Zu- und Abflusses	50/70	60/80	80/100	100/125	100/125	mm
Leistung pro Stunde	5	10	15	20	25	cbm
Länge	800	925	1000	1050	1225	mm
Breite	550	650	750	850	850	„
Höhe	625	725	850	925	925	„
Preis einschließlich Zählwerk	700	850	1000	1200	1300	Mk.

Fig. 581 zeigt Reiserts Divisions-Kesselspeisewassermesser. Dieser Wassermesser arbeitet nach dem Prinzip der Stromteilung, d. h. es wird nur ein sehr kleiner Teil des Verbrauchswassers wirklich gemessen (je nach Größe des Messers der 1000. bis 2500. Teil in dem eigentlichen Messer) dann aber das 1000- bezw. 2500fache am Zählwerk abgelesen. Daher heißt der Apparat „Divisionsmesser“, der zugehörige Zähler aber „Multiplikator“. Der Messer besteht aus einem Gefäß A, in welches links das Wasser einströmt und ein großes Ventil V je nach der durchfließenden Menge mehr oder weniger hebt. Diese Ventilbewegung wird durch den Hebel H auf ein kleines Ventil v übertragen und es sind die Hebelübersetzung sowie die Durchmesser und die Konizität der Ventile so gewählt, daß bei allen Stellungen die Ventilöffnungen genau proportional werden. Damit das kleine Ventil v durch unreines Wasser weder angegriffen noch verstopft wird, läßt man nicht das Verbrauchswasser, sondern ein in dem Kondensator C aus Dampf gewonnenes kondensiertes reines Wasser in einen oberhalb gelegenen Behälter D mit Schwimmereinrichtung fließen, von wo es durch ein Filter und Sieb nach dem Ventil v und von diesem nach dem Meßapparat (Zähler) gelangt. Das Verbrauchswasser wird demnach nur indirekt gemessen. Durch die Schwimmereinrichtung in dem Behälter D wird ein stets gleichbleibender Oberwasserspiegel für den Zufluß auf das kleine Ventil erhalten, wodurch eine vollkommene Übereinstimmung der beiden Flüssigkeitsdruckverhältnisse erzielt wird und somit deren ausfließende Mengen gegenseitig sich stets genau gleichbleiben. Das gemessene Kondensationswasser wird nach Passieren des Multiplikators, eines kleinen Trommelwassermessers nach Fig. 580, ins Freie geleitet. Das Zählwerk kann getrennt vom Hauptgefäß, in der Regel an der Stirnwand des Dampfkessels angebracht werden.

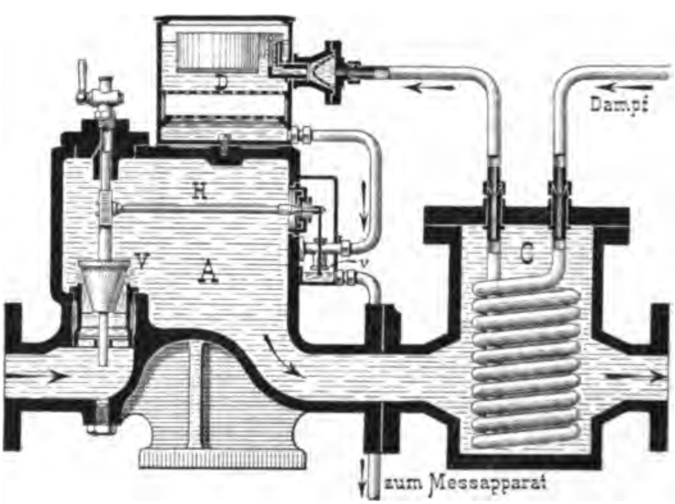


Fig. 581. Divisions-Speisewassermesser Reisert.

Durchmesser des Ein- und Ausflußstutzens . .	50	60	80	100	mm
Leistung per Stunde bis	10	15	25	50	cbm
Baulänge des Divisors und Kondensators . .	770	800	830	1030	mm
Verhältnis der beiderlei Durchflüsse	1 : 1000	1 : 1500	1 : 2000	1 : 2500	
Preis des Divisors	500	600	800	1200	Mk.
Preis des Multiplikators	150	150	150	150	„

Vgl. hierzu auch die D. R.-P. Nr. 52 250, 75 325, 107 340, 156 840.

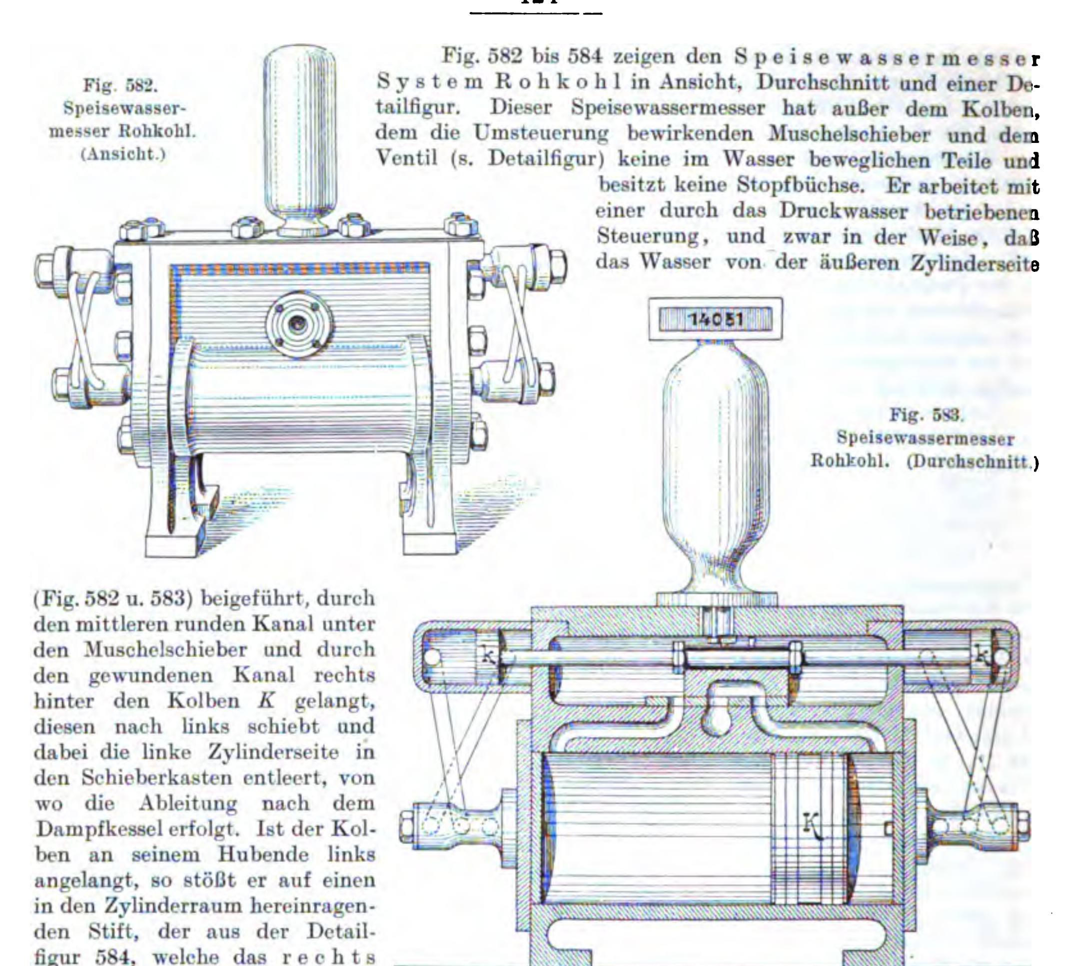


Fig. 582. Speisewassermesser Rohkohl. (Ansicht.)

Fig. 583. Speisewassermesser Rohkohl. (Durchschnitt.)

Fig. 582 bis 584 zeigen den **Speisewassermesser System Rohkohl** in Ansicht, Durchschnitt und einer Detailfigur. Dieser Speisewassermesser hat außer dem Kolben, dem die Umsteuerung bewirkenden Muschelschieber und dem Ventil (s. Detailfigur) keine im Wasser beweglichen Teile und besitzt keine Stopfbüchse. Er arbeitet mit einer durch das Druckwasser betriebenen Steuerung, und zwar in der Weise, daß das Wasser von der äußeren Zylinderseite (Fig. 582 u. 583) beigeführt, durch den mittleren runden Kanal unter den Muschelschieber und durch den gewundenen Kanal rechts hinter den Kolben *K* gelangt, diesen nach links schiebt und dabei die linke Zylinderseite in den Schieberkasten entleert, von wo die Ableitung nach dem Dampfkessel erfolgt. Ist der Kolben an seinem Hubende links angelangt, so stößt er auf einen in den Zylinderraum hereinragenden Stift, der aus der Detailfigur 584, welche das rechts am Zylinderdeckel sitzende Funktionsventil darstellt, zu erkennen ist. Der Stift stößt wieder an ein kleines Ventil, welches mittels seitlicher Durchbohrungen und den gekreuzten Umführungsröhrchen den hinter dem Kolben herrschenden größeren Wasserdruck (Leitungs- oder Speisepumpendruck) auf die äußere Seite des rechten Steuerkolbens *k* gelangen läßt, wodurch eine Umsteuerung des mit den Steuerkolben *k k* verbundenen Muschelschiebers eingeleitet wird. Nach erfolgter Umsteuerung des Muschelschiebers tritt das umgekehrte Kolbenspiel ein und dieses setzt sich automatisch so lange fort, bis die Zuleitung unterbrochen wird. Die Bewegungen des Muschelschiebers und somit die bei jedem Kolbenhub verdrängten Wassermengen werden auf ein Zählwerk übertragen.

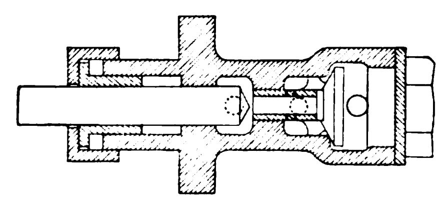


Fig. 584. Funktionsventil System Rohkohl.

Nummer des Apparates	1	2	3
Durchfluß pro Stunde	9	18	36 cbm
Genügt für Kesselheizfläche	250	500	1000 qm
Preise	500	800	1000 Mk.

Speisewassermesser mit Woltmannschen Flügeln von Fischer & Stiehl, Essen a. d. Ruhr. Ein durch heißes steinhaltiges Wasser in seinen Angaben nicht beeinflußter Speisewassermesser ist der in Fig. 585 abgebildete nach dem Prinzip der Woltmannschen Flügel arbeitende Apparat. Das Wasser fließt ohne Druck in der Pfeilrichtung durch den Messer, indem es auf diesem Wege einfach die in eine Trommel eingefügten schraubenförmigen Flügel in drehende Bewegung versetzt. Der Wasserspiegel im umgebenden Gehäuse wird durch eine Anzahl Überlaufröhren gleich hoch gehalten, durch die der Abfluß nach dem Speisewasser-

behälter erfolgt. Die Trommel ist aus starkem Kupferblech mit genieteten und verlöteten Nähten hergestellt, die Trommelarmsterne sind aus Bronze, die Überlaufröhren aus Kupfer. Das Zählwerk an der linkseitigen Außenwand ist gegen das Wassermessergehäuse luftdicht abgeschlossen, damit etwa aufsteigende Dämpfe nicht eindringen können, es wird von der Trommelachse direkt betrieben. Die schmiedeiserne Trommelachse ist mit einem elektrolytischen Kupferüberzug gegen Rosten geschützt; sie läuft in Kugellagern mit Laufpfannen und Kugeln aus gehärtetem polierten Stahl. Die Lager werden mit Öl gefüllt und bedürfen nur selten der Nachfüllung. Gegen Austritt von Öl in das Speisewasser, welches letzterem schadet, sind Vorkehrungen getroffen.

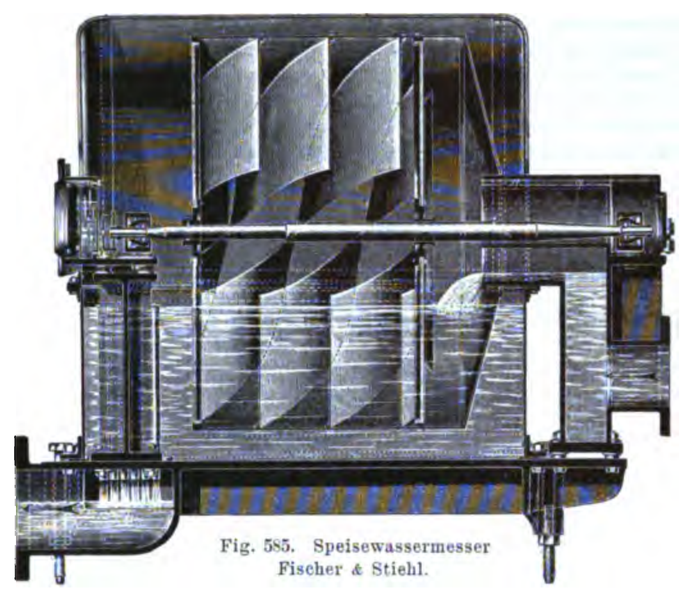


Fig. 585. Speisewassermesser Fischer & Stiehl.

Auf dem Gußstahlwerk Fried. Krupp in Essen wurden eingehende Meßversuche mit vielen dort in Betrieb stehenden Speisewassermessern dieses Systems gemacht, welche eine hohe Meßgenauigkeit (zwischen + 0,28 und — 0,44 Prozent) ergaben. Die Apparate eignen sich deshalb auch gut zum Eichen von großen Fässern oder sonstigen Behältern.

Lichte Weite des Ein- und Auslaufrohres .	70/100	100/150	125/175	150/225	175/250	mm
Größte Durchflußmenge pro Stunde . . .	6	15	30	45	60	cbm
Preis	850	1100	1500	1950	2400	Mk.

Wassermesser System Reichling. Dieser nach Fig. 586 von Robert Reichling & Comp. in Dortmund hergestellte Wassermesser ist ein Kubizierapparat, der aus geeichten Kammern das gemessene Wasser wechselweise ausfließen läßt. Der Reichlingsche Wassermesser besteht aus einem rechteckigen oder runden Behälter, der durch eine Zwischenwand in zwei gleich große Kammern geteilt ist. Oberhalb der Zwischenwand befindet sich der Wasserverteilungskasten und der Mechanismus zum Umstellen des Wasserzuflusses nach der einen oder anderen Kammer. Das Messen erfolgt so: Das Wasser wird vom Wasserverteiler derjenigen Kammer zugeführt, deren Boden- bezw. Auslaßventil geschlossen ist. Das steigende Wasser hebt einen Schwimmer, der seinerseits einen Hebel betätigt, dessen vordere Nase in die Rolle eines losen auf der Achse sitzenden Winkelhebels eingreift. Durch ein Gegengewicht ist dieser Winkelhebel so belastet, daß der Schwimmer vollständig eintauchen muß, ehe er im stande ist, den Hebel aus seiner Ruhelage zu heben und umzuwerfen; letzteres geschieht infolge der eigentümlichen Konstruktion ganz plötzlich. Hierdurch wird der ganze Mechanismus umgesteuert, das Abflußventil der gefüllten Kammer geöffnet, und das der sich füllenden Kammer geschlossen. Bei der Umsteuerung des Winkelhebels wird ein Zählwerk auf der Außenseite des Wassermessers betätigt, das die durchgeflossenen Wassermengen abzulesen gestattet. Um Schwankungen in der Wasseroberfläche zu vermeiden, sind vom Wasserverteilungskasten Füllrohre bis nahe auf den Kammerboden herabgeführt. Versuche haben ergeben, daß die Messung mit diesem Apparat eine sehr genaue ist, gleichviel, ob kaltes, warmes oder schmutziges Wasser gemessen wird.

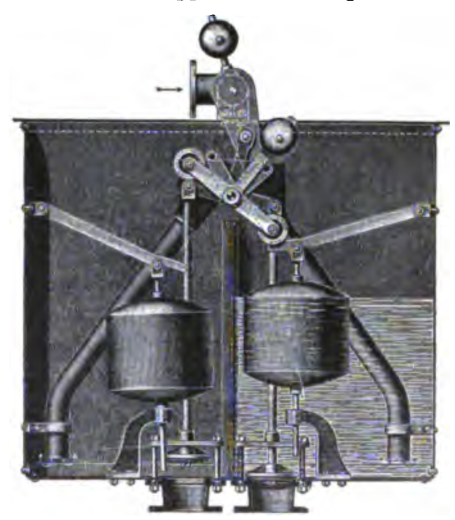


Fig. 586. Wassermesser Reichling.

Ausschalten von Speisewassermessern. Wird ein Wassermesser in eine Kessel-

speiseleitung eingebaut, so kann es vorkommen, daß er binnen kurzer Zeit wegen Schlammablagerung oder Kesselsteinbelag gereinigt und ausgebaut werden muß. Bei intermittierendem Kesselbetrieb werden zur Vornahme dieser Arbeiten die Betriebspausen benutzt; bei kontinuierlichem Betrieb ist eine Anordnung von Bopp & Reuther nach Fig. 587 von Vorteil, da sie eine zeitweise Umleitung des Speisewassers ermöglicht. Vor Inangriffnahme der Auswechslung des Wassermessers wird das im übrigen geschlossene Absperrventil in der Umgangsleitung geöffnet,

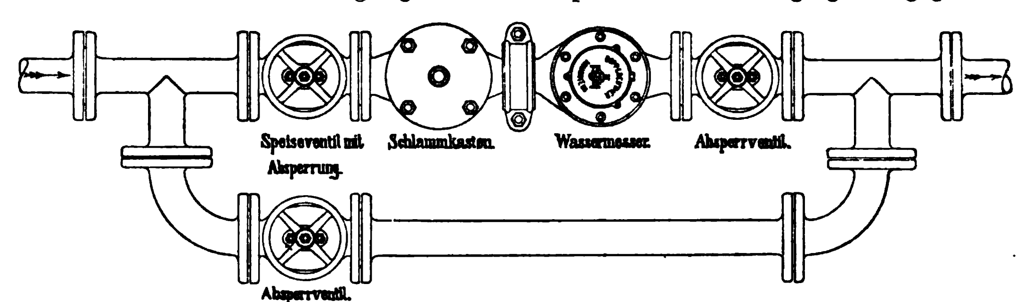


Fig. 587. Anordnung zum Ausschalten von Speisewassermessern behufs Reinigung.

damit dem kontinuierlich fließenden Speisewasser ein Weg offen steht; hierauf können erst die beiden Ventile, zwischen denen der Messer sitzt, geschlossen werden. Nach Einsetzen eines neuen oder des gereinigten Messers ist zuerst dieser wieder in Gang zu bringen und hierauf das Absperrventil in der Umgangsleitung zu schließen. Wird in die Umgangsleitung ebenfalls ein Wassermesser eingebaut, so findet fortlaufende Zählung des Speisewasserverbrauchs statt, andernfalls muß eine Schätzung nach den obwaltenden Verhältnissen stattfinden.

Bei Feuerlöschleitungen für große Gebäudekomplexe (Staatsgebäude, Theater, Bahnhöfe u. dgl.), deren Benutzung sehr selten eintritt und die hinsichtlich ihres Zustands auf Dichtheit doch von Zeit zu Zeit untersucht werden müssen, empfiehlt sich nach Fig. 588 der Einbau eines kleineren Wassermessers in der Umgangsleitung, während in der Hauptleitung ein gewöhnlich plombierter Absperrschieber zur Verwendung kommt. Soll die Probe auf Dichtheit der Feuerlöschleitung vorgenommen werden, so wird der sonst für immer offene Absperrschieber in der Hauptleitung geschlossen und das Absperrventil für den Wassermesser in der Umgangsleitung geöffnet. Nach einer bestimmten Zeit werden die betreffenden Schieber wieder umgestellt. Ergibt der Messer ein Resultat, so muß nach dem Defekt gesucht werden; blieb er stehen, so war die Feuerlöschleitung dicht. Um sich von der Gangbarkeit des Messers vorher zu überzeugen, kann irgendwo in der Feuerlöschleitung ein Hahn kurze Zeit geöffnet werden. In die Feuerlöschleitungen selbst dürfen Wassermesser niemals eingebaut werden, weil sie in Brandfällen unzulässig großen Druckverlust verursachen, wohl auch die Wasserzuführung ganz unterbrechen können.

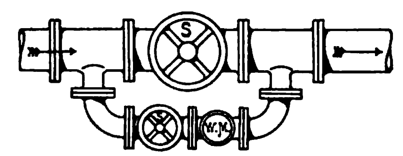


Fig. 588. Einbau von Wassermessern zur Untersuchung der Feuerlöschleitungen.

5. Verschiedene andere Wassermeßvorrichtungen. Eine Anzahl anderer Wassermesser wollen wir hier nicht ausführlich behandeln, weil sie bei der städtischen Wasserversorgung heute nur wenig oder gar nicht in Gebrauch kommen. Dazu gehören vor allem die Kapselwerke, die nach Art der Gasmesser arbeiten und die Membranwassermesser. Wir verweisen bezüglich der ersteren auf die D. R.-P. Nr. 6368, 6946, 18 026, 20 300, 21 231, 23 038, 29 520, 29 521, 29 522, 29 523, 30 353, 31 633, 37 837, 37 865, 61 759, 66 773, 69 831, 78 963, 79 501, 84 642, 113 407, 117 384, 156 255. Unter die Membranwassermesser zählen D. R.-P. Nr. 59 724, 61 759, 65 868, 78 963, 100 047, 110 969, 111 366, 163 679. Auf das Prinzip derartiger Messer geht Grashof in seiner theoretischen Maschinenlehre, Bd. II, S. 563 ff. ein, worauf wir verweisen. Die Anordnungen für Messer größerer fließender Wassermengen haben wir bereits S. 385 erwähnt.

Besondere nicht ohne weiteres in die seitherigen Kategorien einzureihende Instrumente und Anordnungen sind: der Taschenwassermesser von Lamb [32], der Siphonwassermesser von Cowan [33], der Wasserverlustmesser von Meinecke

[34], der Wasserverlustanzeiger von Oesten [39] D. R.-P. Nr. 16666. Weitere Besonderheiten sind in den D. R.-P. Nr. 1220, 1224, 3004, 8546, 18 026, 22 496, 22 497, 31 181, 31 633, 31 636, 31 996 (Kontrollapparat für Hauswasserleitungen), 34 340 (Apparat zum selbsttätigen Festsetzen der Grenze für die Entnahme), 44 987, 56 658, 57 577, 63 541, 64 700 (Schwimmermeßvorrichtung für Flüssigkeiten), 68 923 (Reaktionsradwassermesser von Rostagnat), 75 325 (Durchflußregler für Proportionalwassermesser), 77 288, 79 501, 79 895, 82 929, 88 511, 89 076 (Wassermesser mit Kipprinne), 90 895 (Vorrichtung zum selbsttätigen Abfluß einer bestimmten Flüssigkeitsmenge in regelmäßigen Zwischenräumen), 91 872 (Anzeigen des Überschreitens einer bestimmten Zeit mit der Wasserentnahme und gleichzeitige Kontrolle der Angaben des Wassermessers), 94 865, 97 729 (Flüssigkeitsmesser mit Steuerung durch zwei Schwimmer), 97 794 (Flüssigkeitsmesser mit zwei sich abwechselnd füllenden Behältern), 102 343 (zu gleichem Zweck wie 91 872), 103 788, 104 152, 104 603, 105 289, 106 524, 120 747 (Einrichtung zur Verbindung von Flüssigkeitsmessern mit dem sie umgebenden Schutzgehäuse), 127 849, 128 590, 133 224, 133 693, 138 111, 141 577, 146 602, 151 388 und 163 678 angegeben, worauf wir verweisen.

Aufstellung der Wassermesser.

Wir haben bereits erwähnt, daß die in Leitungen eingebauten Wassermesser möglichst in frostfreien Räumen, am tiefsten Punkte der Leitung genau horizontal verlegt werden müssen. Bezüglich der Lage der Messer bei gewöhnlichen Hauswasserleitungen verweisen wir auf Abt. I, S. 829, Fig. 461 u. 462. In der Regel (vgl. auch D. R.-P. Nr. 34 899) wird in solchen Fällen der Messer im Keller untergebracht und entweder auf eine besondere Untermauerung oder auf eine in die Mauer eingelassene Konsole gestellt. Welche Vorsorgen getroffen werden müssen, um beim Auswechseln eines Messers den Betrieb nicht unterbrechen zu müssen, haben wir schon S. 426 auseinandergesetzt; wir fügen in Fig. 589 noch ein aus Bleirohr hergestelltes Paßstück für die gewöhnliche Verschraubung an, dessen Gebrauch wohl keiner weiteren Beschreibung bedarf.

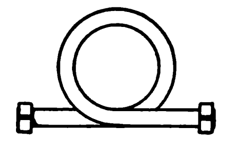
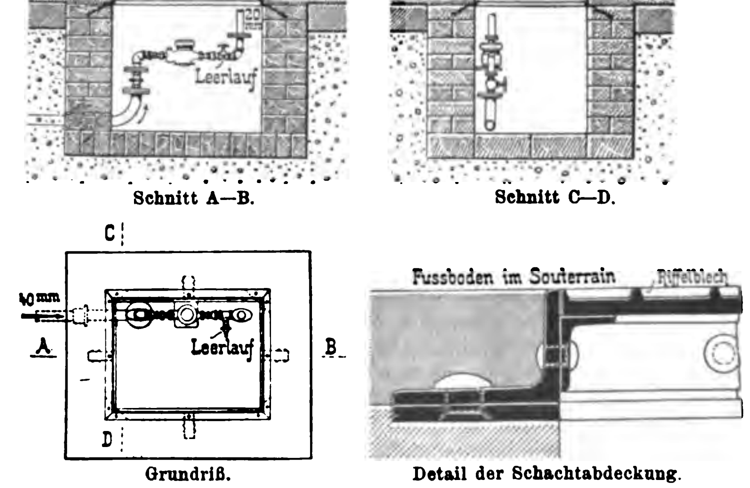


Fig. 589. Bleirohrpaßstück bei Auswechslung von Wassermessern.

Ein weiteres Erfordernis ist die Ermöglichung bequemen Ablesens auf den Zifferblättern der Zählwerke. Nur in den wenigsten Fällen wird es möglich sein, diese so aufzustellen, daß man ohne künstliche Beleuchtung ablesen kann. Es müssen deshalb auch bequeme Zugänge zu dem Wassermesser geschaffen werden. Das ist verhältnismäßig leicht in Kellerräumen, Kesselhäusern etc.; schwieriger gestaltet sich die Sache, wenn solche Räume nicht zur Verfügung stehen. Man wird dann die Wassermesser in zugänglichen



Schnitt A—B. Schnitt C—D.

Grundriß. Detail der Schachtabdeckung.

Fig. 590. Wassermesserschacht in Gebäuden. M = 1 : 50.

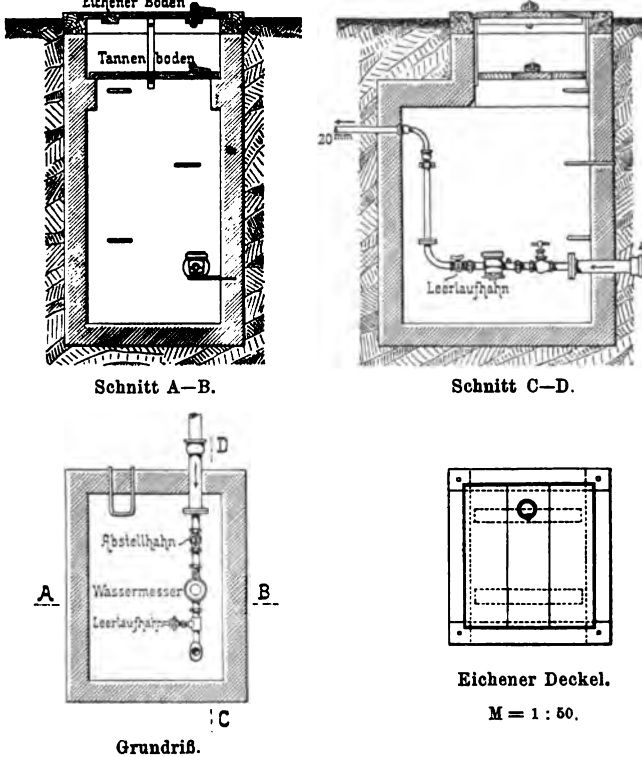


Fig. 591. Wassermesserschach für Gartenanlagen.

Schächten unterbringen müssen, wie in den Fig. 590 u. 591 dargestellt ist. Wegen elektrischer Anzeige des Wassermesserstandes vgl. D. R.-P. Nr. 46 443.

In den Fig. 590 bis 593 sind einige ausgeführte Wassermesseranordnungen für besondere Zwecke aufgenommen.

Fig. 590 zeigt den Einbau von Hauswassermessern (20 Millimeter) in versenkte Schächte im Souterrain. Der Schacht wird mit einem Riffelblechdeckel belegt, der mit dem Fußboden glatt und eben ist.

Fig. 591 zeigt den Einbau von Wassermessern für Gartenleitungen in besonders gemauerte mit doppeltem Holzbelag bedeckte Schächte, die mittels Steigeisen zugänglich gemacht werden müssen.

Die Kosten für einen Wassermesserschacht nach Fig. 591 stellen sich ungefähr wie folgt:

Erdarbeit	ca. 10	Mark.
Maurerarbeit	„ 50	„
Zimmerarbeit	„ 13	„
Schlosserarbeit	„ 2	„
zusammen	ca. 75	Mark.

Häufig sind auch nachträgliche Einbauten von Wassermessern vorzunehmen. So zeigt z. B. Fig. 592 den nachträglichen Einbau eines kombinierten Wassermessers 100 × 30 Millimeter lichter Weite in einem Spital. Die frühere Zuleitung zu dem gußeisernen Verteiler, von welchem aus die einzelnen Leitungen nach den verschiedenen Bedarfstellen abzweigen, wurde um ca. 1,80 Meter gegen den Wassereinlauf zu gekürzt. Beachtenswert ist die Anordnung des Krümmers und Paßstücks um jederzeit den Wassermesser gegen einen anderen auswechseln zu können. Der Wassermesser mit dem Rückschlagventil sitzt auf einer Blechplatte, die von schmiedeisernen in die Rückwand einzementierten Trägern gehalten wird, wie auch der Verteiler. Alle Rohre tragen auf emaillierten Tafeln die Bezeichnung des Zwecks des in ihnen fließenden Wassers, wie in der Figur oben angegeben ist. Die Tafeln sind mit Messingdraht dauerhaft an den Rohren befestigt und sind überall in den Räumen, die mit den Rohren durchfahren wurden, angebracht. Dies trägt bei eintretenden Undichtheiten etc. zu einer raschen Orientierung wesentlich bei.

Fig. 593 zeigt den Einbau eines kombinierten Wassermesser 100 × 30 Millimeter in einem vertieft liegenden Kesselhaus. Rechts oben befindet sich der Einlauf der mit der gewöhnlichen Rohrdeckung verlegten Wasserleitung; die abwärts führenden Rohre sind durch starke Rohrschellen an die Umfassungsmauer des tiefliegenden Kesselhauses befestigt, um den Wasserschub aufzunehmen, da andernfalls die im Boden außerhalb des Kesselhauses mit Muffen verlegten Rohre auseinandergezogen würden. Vor und hinter dem Wassermesser sind je 100 Millimeter weite Absperrschieber angeordnet, um bei Reparaturen an dem Messer diesen leicht ausschalten zu können. Auch hier ist die Anbringung des Eckkrümmers und eines Paßstücks für etwaigen Wechsel im Wassermessersystem bemerkenswert. Für außerhalb des Gebäudes liegende Privathydranten zweigt mittels besonderen 100 Millimeter-Absperrschiebers eine Leitung ab, die neben der ins Kesselhaus führenden Zuleitung im gleichen Rohrgraben verlegt ist. Der Absperrschieber ist plombiert und stets geöffnet und wird nur bei Reparaturen an den Hydranten oder an den zu ihnen führenden Strängen geschlossen. Die Plombierung, eine um Schieber und Handrad gewickelte

Schnur mit Bleisiegel, dient dazu, um irrtümliche Benutzung des Schiebers zu verhüten. Hinter dem Wassermesser führt die Hauptleitung weiter zum Verteiler im Kesselhaus und vor diesem

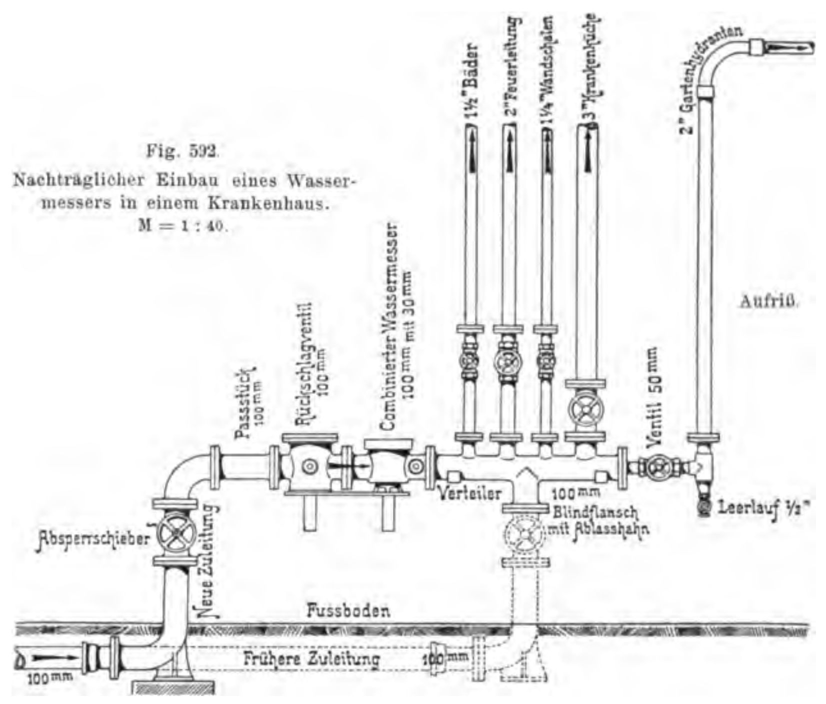


Fig. 592. Nachträglicher Einbau eines Wassermessers in einem Krankenhaus. M = 1 : 40.

sitzt ein Absperrventil, das schon zur Armatur des Kesselhauses gehört. Hier liegen also Absperrschieber und Ventile dicht beieinander, weshalb darauf zu sehen ist, daß beide **g l e i c h e D r e h r i c h t u n g d e r H a n d r ä d e r** besitzen (vgl. S. 157). Sehr zu beachten ist bei allen

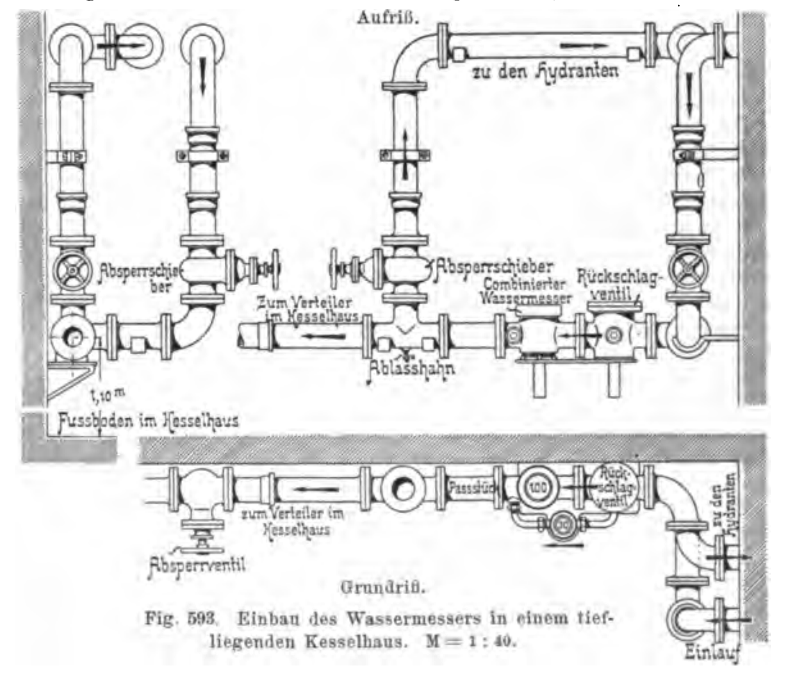


Fig. 593. Einbau des Wassermessers in einem tiefliegenden Kesselhaus. M = 1 : 40.

Wassermesseraufstellungen, **d a ß d a f ü r k e i n O r t g e w ä h l t w i r d , a n w e l c h e m z u f ä l l i g e B e s c h ä d i g u n g e n l e i c h t m ö g l i c h s i n d.** Läßt sich das nicht vermeiden, so sind unbedingt schützende Umhüllungen vorzusehen.

Auswahl und Prüfung der Wassermesser.

Aus den verschiedensten Gründen gehen die Ansichten der Wasserversorgungsingenieure über die Vereigenschaftung der vielfachen Wassermessersysteme weit auseinander. Um dies im großen einzusehen, bedarf es nur des Hinweises, daß in Frankreich nach dem Vorgang von Paris und ebenso in Belgien und Holland sowie an anderen Orten die sehr teuren Kolbenwassermesser nahezu ausschließlich im Gebrauche sind, obschon dort eine große Anzahl von Wasserversorgungen sich unter jenen Verhältnissen befindet, bei welchen die Verwendung der billigen Geschwindigkeitsmesser rationeller wäre. In Deutschland und den angrenzenden Ländern mit deutscher Sprache werden umgekehrt nahezu ausnahmslos Flügelradmesser in die Wasserversorgungen eingebaut, und zwar auch hie und da unter Verhältnissen, unter welchen es angezeigt wäre, andere Systeme zu bevorzugen. Das ist die Macht der Gewohnheit, das Vorurteil. Eine weitere, schon intimere Unterscheidung greift sodann bei der Auswahl der Instrumente aus Fabriken Platz, die im wesentlichen dasselbe Wassermessersystem (z. B. Flügelradmesser) um nahezu dieselben Preise anfertigen. In solchen Fällen sind sehr häufig ebenfalls nur Vorurteile u. dgl. entscheidend; doch ist — wenigstens in Deutschland — mehr und mehr der Gebrauch aufgekommen, der Entscheidung eine genaue Prüfung der angebotenen Instrumente auf Wassermesserprobierstationen vorhergehen zu lassen. Das ist unseres Erachtens das allein gerechte Verfahren; dabei ist selbstverständlich der Zweck, welchem der Wassermesser dienen soll, in Bezug auf die Wahl des Systems von größtem Einflusse.

In letzterer Hinsicht haben wir schon auseinandergesetzt, daß z. B.

1. Für das Messen von großen und sehr großen Durchflußmengen der Venturi-Messer, der Deaconsche Wassermesser und der Wassermesser mit Woltmannschem Flügel geeignet sind. Gruppen von Geschwindigkeitsmessern (vgl. S. 420) sind in solchen Fällen stets teurer und verursachen insbesondere einen erheblich größeren Druckverlust als die oben genannten Systeme.

2. Wo es sich um relativ teures Wasser (25 Pfennig pro Kubikmeter und mehr) handelt und wo der sekundliche Verbrauch innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt oder wo zu befürchten ist, daß Reservoire mit einem so kleinen Zulauf gespeist werden, den ein Flügelradmesser nicht mehr anzeigt, oder wo es überhaupt auf größte Genauigkeit der Messung ankommt, ferner bei sehr kleinem Verbrauch u. s. w. empfiehlt sich der Kolbenmesser.

3. In besonderen Fällen, z. B. für Kesselspeisung, für Lieferung von Wasser an hydraulische Kraftanlagen, für Abgabe von warmem Wasser u. s. w. sind dem Zwecke entsprechende Systeme der Meßapparate auszuwählen.

4. In allen übrigen Fällen empfiehlt sich das System der Geschwindigkeitsmesser. Je nach Größe der Entnahme schwankt bei diesen Instrumenten der Messungsfehler innerhalb kleiner Prozentsätze (2 bis 3 Prozent), für deren Einhaltung die Fabriken garantieren. Wird das dem besonderen Falle entsprechende richtige Kaliber des Messers gewählt, so ist dadurch sowohl der fiskalische als der Vorteil des Konsumenten bei korrektem Betriebe des Wasserwerkes am besten gewahrt. Vgl. [63], [83], [84], [86], [87], [91], [92].

Um möglichst vollständige Angaben bezüglich der Anwendung der Wassermesser nach System und Zahl zu machen, sei die Wassermesserverwendung in Deutschland, Österreich, der Schweiz etc. nach dem Stande vom Jahre 1902 aus der XV. Statistik des Vereins deutscher Gas- und Wasserfachmänner (S. 432 ff.) zum Abdruck gebracht. Die darin enthaltenen Angaben über Wassermesser zeigen eine außerordentlich verschiedene Verteilung der einzelnen Systeme in den Städten; man darf die Tabelle aber nicht dazu benutzen, um über die Güte irgend eines Systems daraus ein Urteil zu gewinnen. Sicher ist nur so viel, daß in Deutschland sowie in den aufgezählten österreichischen und schweizerischen Städten die Rotationsmesser fast ausschließlich angewendet werden; die Scheibenwassermesser nur in wenigen deutschen Städten, die Kolbenwassermesser dagegen zahlreich in Holland. Die Rotationsmesser sind in zehn verschiedenen Systemen auseinandergehalten, welche jedoch eigentlich nur in zwei Gruppen zu trennen wären, und zwar: die eine Gruppe mit gleichmäßig am Umfang des Flügelrads verteilten Wasserstrahlen, zu ihr gehören die Messer von Siemens & Halske, Meinecke, Valentin, Leopolder, Schinzel, Breslauer Metallgießerei und Andrae etc., deren übrige besondere Eigentümlichkeiten meist in der Anordnung des Trieb- und Zählwerks liegen; die zweite Gruppe mit ungeteiltem Wasserstrahl, der nur von einer Seite das Flügelrad trifft; zu ihr gehören die Messer von Spanner, Wiesenthal & Co., Dreyer, Rosenkranz & Droop u. a. Auch bei den letzteren bestehen nur geringe Unterschiede,

die von Einfluß auf den Gang des Messers sind, so z. B. die Wahl des Materials für das Flügelrad etc. Die absolut größte Zahl der im Betrieb befindlichen Wassermesser ist naturgemäß der ältesten auf diesem Gebiete tätigen Firma Siemens & Halske in Berlin, deren Messer seit 1858 laufen, zugefallen. Essen a. d. Ruhr (Stadt) Nr. 72, hat die Vergebung der benötigten Wassermesser einfach in der Weise erledigt, daß sie von drei Firmen genau je 1/3 bezog; ähnliche Vorgänge finden sich auch in anderen Städten. Die großen und in der Verwendung von Wassermessern älteren Städte, welche gleichsam eine Schule für die Fabrikation geworden sind, haben stellenweise von jedem System einige Exemplare eingebaut, um ihre Eigenschaften kennen zu lernen; die Erfahrungen der Städte flossen wieder an die Verfertiger zurück und von ihnen ziehen die kleineren, bezw. in neuester Zeit mit Wasser versorgten Orte (z. B. Nr. 46, 48 u. a., oder Nr. 56 bis 61), welche sich mit einem einzigen System begnügen, den Nutzen. Daß vielfach der Sitz der Fabrikation von Wassermessern für die Einführung eines bestimmten Systems an dem betreffenden Ort oder dessen Umgebung maßgebend ist, ist erklärlich.

Die auf die Ausdehnung der Wassermesser bezügliche Nebeneinanderstellung aller im Betrieb befindlichen Apparate und der zugehörigen Abnehmer bezw. der Anschlüsse an das städtische Rohrnetz, wie sie in den zwei letzten Spalten der mitgeteilten Statistik gegeben ist, bietet ebenfalls Interesse. Zunächst mag auf den Prozentsatz hingewiesen werden, der sich für diejenigen Städte ergibt, welche die Wassermesser obligatorisch eingeführt haben; es sind deren 185 von 275, d. i. rund 67 Prozent. Hiervon sind einige ähnlich vorgegangen wie Nr. 65 „Frankfurt a. M.“, welches für die Stadt selbst Wassermesser nicht allgemein vorschreibt, bei seinen Filialen „Bockenheim“ und „Seckbach“ dagegen deren Anwendung obligatorisch macht. Bei Nr. 177 „Schönebeck a. E.“ wird nur bei Neuanlagen der obligatorische Einbau von Wassermessern verlangt. Bei einigen Städten bleibt trotz obligatorischer Einführung von Wassermessern die Anzahl derselben gegen die Zahl der Anschlüsse noch zurück, z. B. bei Nr. 12, 13, 21 u. a., weil in der Regel die Einführung nur allmählich vorgenommen wird, d. h. es werden gewöhnlich, außer für Neubauten, alljährlich nur so viel Wassermesser für ältere Abnehmer angeschafft, als zur Balancierung des Wasserwerksetats vorteilhaft erscheint. Bei den meisten der Städte mit obligatorischer Einführung übersteigt jedoch die Zahl der Wassermesser diejenige der Abnehmer, z. B. bei Berlin um 10 Prozent; dies rührt daher, weil viele Abnehmer mehrere getrennte Verteilungsleitungen auf ihrem Areale besitzen, deren Wasserverbrauch auch getrennt konstatiert und bezahlt werden muß, z. B. industrielle Anlagen, Ställe, große Gärten u. s. w. Manche Orte weisen eine merkwürdige Übereinstimmung von Wassermesser und Abnehmerzahl auf, so z. B. Nr. 46, 54, 151, 160 u. v. a.

Bezüglich einiger abnormer Wasserverbrauchsziffern pro Kopf und Tag ist noch nebenbei zu erwähnen, daß z. B. bei Nr. 5 „Zürich“ und 62 „Genf“ die dort installierten Wassermotoren den Hauptkonsum verursachen, da sie mit 25 Atmosphären Druck arbeiten können, ferner die großen Industriezentren Nr. 64 „Dortmund“, 67 „Bochum“, 73 „Augsburg“ u. a., bei denen der Verbrauch an Kesselspeisewasser überwiegt. Dagegen sind nach den Ziffern der Nr. 51 bis 61, 205 bis 207 u. a. mit einem täglichen Wasserverbrauch von 25 bis herab zu 7 Liter pro Kopf und Tag sehr sparsame Orte mit in die Statistik aufgenommen, deren Bevölkerung mehr den ländlichen Betrieben angehört.

Auf die große Bedeutung der Wassermesser zum Zwecke der Aufdeckung von Gebrechen an den Verteilungsleitungen soll zum Schlusse noch besonders hingewiesen werden, um die Wichtigkeit der Hauswassermesser auch nach dieser Richtung hin zu beleuchten. Nach Beobachtungen in Wien waren im IV. Quartal 1878 die unten erwähnten Gebrechen die Ursachen der Wasservergeudung [28 a].

Gebrechen wurden entdeckt	In der Hausleitung	In Reservoiren ohne Schwimmerhahn	In Reservoiren mit defektem Schwimmerhahn	In Wasserklosetts	In Pissoirs und Klosetts bei Industriellen	An Ausläufen in den Wohnungen	In Gasthäusern ohne Pissoirspülung	An Springbrunnen in Gärten	Diverse Ursachen meist für industrielle Zwecke
Zahl der Fälle	27	13	10	86	41	21	21	3	153
Durchschnittlicher Mehrverbrauch pro Tag	cbm 680	cbm 38	cbm 18	cbm 152	cbm 35	cbm 40	cbm 8	cbm 9	cbm 240
In Prozent des Gesamtmehrverbrauches	55,98	3,10	1,50	12,60	2,91	3,32	0,67	0,72	19,20

Die Gebrechen kamen hinsichtlich des Wasserverlustes meist an den *in der Erde liegenden Röhren* der Hausleitungen hinter dem Wassermesser vor und waren weder durch Wasseraustritt noch durch Einsinken des Erdreichs oder sonstige äußere Merkmale wahrnehmbar, konnten daher nur durch die an den *Wassermessern* von den Revisoren angestellten Beobachtungen entdeckt werden.

(In den mit * bezeichneten Orten sind die Wassermesser obligatorisch, in den mit † bezeichneten nur bei Neuanlagen)

Nr.	Ort	Einwohnerzahl des Wasserversorgungsgebietes 1902	Wasserverbrauch im Mittel pro Kopf u. Tag Liter	Wassermesser im Jahre 1902 im Betrieb: Rotationsmesser: Siemens & Halske	Meinecke	Faller: Spanner	Faller: Wiesenthal & Co.	Dreyer, Rosenkranz & Droop	Valentin, Bopp & Reuther	Teirich, Leopolder	Schinzel (Lux)	Breslauer Metallgießerei (Meinecke)	Andrae	Verschiedene	Scheiben-Wassermesser	Kolben-Wassermesser	Summe	Anzahl der Abnehmer oder Anschlüsse
	I. Wasserwerke mit künstlicher Hebung und künstlicher Filtration von Oberflächenwasser.																	
1	*Berlin	1 926 180	79	23 872	5233	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	29 205	26 525
2	Hamburg	725 000	165	1 785	8677	3	—	26	742	—	3024	2	—	8	13	—	14 280	21 301
3	Amsterdam (Holland)	534 778	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Grundwasser, Dünen	—	48	292	121	—	—	21	—	—	—	—	—	26	404	1198	2 062	34 891 (Grundwasser, Dünen u. Flußwasser)
	Flußwasser	—	37	161	47	—	—	8	—	—	—	—	1	46	305	620	1 188	
	Grundwasser a. d. Heide	—	55	13	29	—	—	60	—	—	—	—	—	3	45	78	228	4 994
4	*Breslau	434 000	81	2 844	3759	—	—	1075	10	—	—	1399	—	—	—	—	9 087	9 000
5	Zürich (Schweiz) 1900	145 000	212	725	371	83	—	1157	293	—	—	2335	15	482	—	—	5 461	9 291
6	Stockholm (Schweden)	303 406	96	879	406	1	—	1	—	—	5	3	—	42	4	40	1 381	—
7	Altona	184 700	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4 033	8 831
8	Bremen	181 000 mit 12 Vororten	104	274	996	—	—	1821	—	—	—	85	2	55	11	101	3 346	22 554
9	*Magdeburg	229 730	90	217	6684	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6 901	6 260
10	Stuttgart, Stadt	183 425	91 einschl. staatl. W. 105	177	1	1256	—	228	—	—	1	—	1134	—	—	—	2 797	8 580
11	Lübeck	82 802	200	1	12	—	—	242	—	—	7	9	—	—	—	—	271	7 234
12	*Königsberg i. Pr.	190 000	75	187	352	—	—	2880	2	1	—	2258	—	—	2	—	5 632	5 801
13	*Brünn (Österreich)	111 040	123	2 318	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 318	2 670
14	*Stettin	187 000	64	270	2648	54	—	393	3	—	5	8	22	1101	—	—	4 499	3 849
15	Rostock	57 000	118	173	16	—	—	1	20	—	2	41	—	—	1	—	254	5 384
16	Staßfurt, Industriewasser	20 100	194	—	—	—	—	64	—	—	—	—	—	—	—	—	64	128
	„ Trinkwasser	—	42	—	—	—	—	491	—	—	—	—	—	—	—	—	491	881
17	Frankfurt a. d. O.	63 000	71	213	53	—	—	—	170	—	—	—	—	—	16	—	452	1 312
18	*Worms	41 494	100	—	—	—	—	—	2700	—	30	—	—	—	—	—	2 730	2 623

19	Stuttgart, staatl. W.-W.	nur f. d. kgl. Hof und f. d. Fontänen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	*Solingen	48 000	65	2 101	—	—	—	699	—	—	—	—	—	34	—	—	2 834	2 802
21	*Remscheid	58 000	51	383	498	233	—	2720	—	—	5	103	4	20	—	—	3 966	4 171
22	Wandsbeck	28 000	100	—	250	—	—	2	5	—	2	3	—	—	6	—	268	1 965
23	*Stralsund	32 000	72	153	—	—	—	1794	—	—	—	—	—	—	1	—	1 948	1 920
24	*Brieg	25 000	66	2	582	—	—	114	—	—	45	83	—	—	—	—	826	779
25	Glückstadt	6 685	66	—	13	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	14	760

II. Wasserwerke mit künstlicher Hebung und künstlicher Filtration von Grundwasser zwecks Enteisenung.

26	*Charlottenburg	593 834	79	13 667	22	—	—	17	3	—	117	5	—	3	16	146	13 996	13 301
27	Kopenhagen (Dänemark)	376 400	91	—	3398	1	—	10	—	—	11	4	—	425	10	24	8 883	—
28	*Leipzig	472 000	66	—	—	—	—	—	—	14 804	—	—	—	57	—	—	14 861	14 767
29	*Halle a.d.S., Pumpwerk I	162 705	77	3 248	—	—	—	2974	—	—	—	—	—	—	—	—	6 222	5 994
	* „ „ II	—	—	152	—	—	—	396	—	—	—	666	—	—	—	—	1 214	1 192
30	*Braunschweig	130 000	72	—	—	6898	—	—	—	—	—	—	—	7	2	—	6 907	6 828
31	*Kiel	114 000	67	17	3416	3	—	11	2	—	1453	35	5	4	4	1	4 951	4 838
32	*Posen	118 000	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	Dessau	53 000	133	293	—	3	—	1	—	—	—	3	—	—	—	—	300	3 181
34	*M.-Gladbach	70 000	62	2 430	2164	—	—	392	—	—	—	141	—	9	—	—	5 136	5 066
35	Zwickau	65 030	55	1 359	—	—	—	—	—	—	—	45	—	—	—	—	1 404	2 690
36	*Potsdam	59 362	58	2 446	—	—	—	—	—	—	—	—	47	2	—	—	2 495	2 367
37	*Spandau	62 500	49	—	—	—	—	—	—	—	1568	—	—	—	—	—	1 568	1 536
38	*Trier	45 273	57	—	—	2733	—	50	—	—	—	—	—	—	40	—	2 823	2 670
39	*Brandenburg a. d. H.	49 906	48	—	4	359	—	—	1	—	—	796	1417	—	—	—	2 577	2 280
40	Wismar	20 000	123	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 451
41	*Lichtenberg	60 000	36		1500		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 500	—
42	*Oppeln	28 000	47	4	349	4	—	4	2	—	4	514	—	—	—	—	881	882
43	*Landsberg a. d. W.	28 368	42	—	8	—	—	10	1	—	—	1194	—	—	—	—	1 213	1 203
44	Zerbst	17 200	60	39	2	1	—	1	4	1	1	2	1	1	—	1	54	2 100
45	*Allenstein	22 000	46	—	—	819	—	—	—	—	—	—	29	—	—	—	848	847
46	*Herzogenbusch (Holland)	31 960	29	—	—	—	—	2289	—	—	—	—	—	—	4	—	2 293	2 293
47	Bitterfeld	12 500	72	1	3	—	—	61	35	—	—	13	—	—	—	—	113	915
48	*Stolp i. P.	28 000	31	—	—	1117	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1 119	1 115

(In den mit * bezeichneten Orten sind die Wassermesser obligatorisch, in den mit † bezeichneten nur bei Neuanlagen)

Nr.	Ort	Einwohnerzahl des Wasserversorgungsgebietes 1902	Wasserverbrauch im Mittel pro Kopf u. Tag Liter	Wassermesser im Jahre 1902 im Betrieb: Rotationsmesser: Siemens & Halske	Meinecke	Faller: Spanner	Faller: Wiesenthal & Co.	Dreyer, Rosenkranz & Droop	Valentin, Bopp & Reuther	Teirich, Leopolder	Schinzel (Lux)	Breslauer Metallgießerei (Meinecke)	Andrae	Verschiedene	Scheiben-Wassermesser	Kolben-Wassermesser	Summe	Anzahl der Abnehmer oder Anschlüsse
49	*Neu-Ruppin	18 091	37	—	—	—	—	300	30	—	—	240	—	—	—	—	570	558
50	Sternberg (Mähren)	15 400	39	—	—	—	—	—	—	—	173	—	—	12	—	—	185	1 203
51	*Gnesen	22 700	22	450	94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	544	516
52	*Sorau N.-L.	15 945	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	568	566
53	*Mittweida i. S.	17 000	22	14	—	—	—	908	—	—	—	—	—	3	—	—	925	983
54	*Stade	8 800	36	2	—	933	—	63	3	—	5	—	—	—	—	—	1 006	1 006
55	*Oranienburg	10 000	22	6	2	350	—	—	2	—	—	6	—	—	—	—	366	280
56	*Ülzen	8 700	18	—	295	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	295	290
57	*Schneidemühl	21 000	7	12	308	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	320	314
58	*Deutsch-Krone	7 280	13	—	325	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	325	313
59	*Pyritz	8 900	9	—	255	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	255	243
60	*Zehdenick	8 250	9	—	252	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	252	245
61	*Rheda-Wiedenbrück	7 000	7	—	281	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	281	273

III. Wasserwerke mit künstlicher Hebung und ohne künstliche Filtration.

Nr.	Ort	Einwohnerzahl des Wasserversorgungsgebietes 1902	Wasserverbrauch im Mittel pro Kopf u. Tag Liter	Siemens & Halske	Meinecke	Faller: Spanner	Faller: Wiesenthal & Co.	Dreyer, Rosenkranz & Droop	Valentin, Bopp & Reuther	Teirich, Leopolder	Schinzel (Lux)	Breslauer Metallgießerei (Meinecke)	Andrae	Verschiedene	Scheiben-Wassermesser	Kolben-Wassermesser	Summe	Anzahl der Abnehmer oder Anschlüsse
62	Genf (Schweiz)	122 273	950	517	—	326	—	—	2	—	—	—	—	279	—	—	1 124	5 947
63	Gelsenkirchen (W. W. f. d. nördl. westf. Kohlenrev.)	600 000	158	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 679	11 500
64	*Dortmund	91 Stadt- und Landgemeinden 246 249	284	7807	25	—	—	—	—	—	—	100	—	2	—	—	7 934	7 966
65	Frankfurt a. M., Quellw.	253 500	160	56	10	837	—	—	1096	—	—	78	—	52	2	4	2 135	11 999
	„ Flußw.	—	18															682
	*Frankfurt-Bockenheim	26 500	59	—	—	—	—	—	—	—	—	1320	—	—	—	—	1 320	1 235
	* „ -Seckbach	3 200	39	—	—	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	120	315
66	*Köln	368 000	117	6163	15 092	—	224	422	—	—	341	—	—	51	685	—	22 978	21 789
67	*Bochum (mit 20 Ortsch.)	186 721	226	274	4 489	—	44	11	—	—	—	—	—	80	—	—	4 898	5 404

68	Essen a. d. R. (Fr. Krupp) Fabrik mit Kolonien	48 970	124	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—
69	*Dresden	405 600	96	3659	6 504	11	—	2 959	11	—	—	3	—	—	3	—	18 150	12 625
70	*Prag (Österreich)	294 887	98	8	212	309	—	4	—	2089	2	—	—	2023	2	4	4 653	4 658
71	Düsseldorf	255 500	112	26	214	9372		—	12	—	405	19	—	—	—	—	10 048	11 926
72	*Essen a. d. R., Stadt (mit 4 Ortschaften)	212 000	132	3126	3 126	—	—	3 126	—	—	—	—	—	—	—	—	9 378	9 803
73	Augsburg	90 000	253	—	2	339	—	—	—	—	1	—	2	—	—	—	344	4 185
74	*Barmen	143 000	148	6	1	—	8	3 989	31	—	3	1515	—	1767	—	—	7 320	7 400
75	*Nürnberg	265 300	75	—	—	6246	—	129	2160	—	231	—	1661	6	—	—	10 433	10 577
76	Würzburg	78 000	235	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 246	3 438
77	*Elberfeld	184 250	99	3530	1 060	—	—	2 827	—	—	—	38	42	—	4	—	7 501	7 874
78	*Basel (Schweiz)	118 000	147	—	—	1	—	—	12	—	—	111	12	12	2423	—	9 383	8 725
79	*Hannover	299 500	59	—	—	—	—	10 557	—	—	—	—	—	—	—	—	10 557	10 601
80	Riga (Rußland)	215 000	79	—	159	—	—	45	—	—	—	—	—	—	—	—	204	8 513
81	*Unna	85 000	188	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 931
82	*Kattowitz	200 000	125	—	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77	—
83	*Straßburg i. E.	128 000	114	—	—	—	—	—	6640	—	—	—	—	—	—	—	6 640	6 640
84	Krefeld	109 107	131	681	495	—	—	1	—	—	1	32	1	3	1	—	1 215	7 910
85	Witten a. d. R.	84 000	164	424	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	494	1 600
86	Mülheim-Deutz-Kalk	97 000	129	93	826	16	22	54	105	—	—	—	—	—	—	—	1 116	4 843
87	Duisburg	108 780	129	1690	2 522	2	—	1 400	3	—	—	32	1	3	—	—	5 653	6 622
88	Karlsruhe	100 000	118	432	—	—	—	—	—	—	—	123	432	2	—	—	989	4 375
89	*Aachen	145 300	79	—	—	4226	3763	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7 989	7 851
90	*Mannheim	147 800	75	—	5	3307	—	—	2461	—	284	—	28	—	—	—	6 085	6 020
91	*Mülhausen i. E.	102 400	102	—	4	4704	—	1	1765	—	2	3	—	328	39	—	6 846	6 271
92	Hagen i. W.	82 000	125	—	1	210	—	731	1	—	20	20	20	20	—	—	1 023	—
93	*Mülheim a. d. R.	98 000	91	385	670	—	—	90	—	—	840	—	—	1599	—	—	3 584	3 619
94	*Zabrze-Zawada (königl. preuß. Bergfiskus)	145 000	57	—	—	—	—	1 489	—	—	—	—	—	—	—	—	1 489	1 200
95	*Darmstadt	76 000	92	6	1	2676	—	1	10	—	2392	2	1	1	—	—	5 090	4 814
96	Oberhausen (Rhl.)	45 000	155	11	—	—	—	700	1	—	—	—	—	104	—	—	815	2 209
97	*Bonn	—	89	90	4 135	1	—	844	—	—	—	1163	3	12	—	—	6 248	6 581
98	Regensburg	53 700	108	—	—	1395	—	—	—	—	8	—	14	—	—	—	1 417	2 218
99	*Münster i. W.	66 000	80	—	36	—	—	3 595	2	—	671	—	—	—	—	—	4 304	4 304

(In den mit * bezeichneten Orten sind die Wassermesser obligatorisch, in den mit † bezeichneten nur bei Neuanlagen)

Nr.	Ort	Einwohnerzahl des Wasserversorgungsgebietes 1902	Wasserverbrauch im Mittel pro Kopf u. Tag Liter	Wassermesser im Jahre 1902 im Betrieb													Summe	Anzahl der Abnehmer oder Anschlüsse
				Rotationsmesser											Scheiben-Wassermesser	Kolben-Wassermesser		
				Siemens & Halske	Meinecke	Faller: Spanner	Faller: Wiesenthal & Co.	Dreyer, Rosenkranz & Droop	Valentin, Bopp & Reuther	Teirich, Leopolder	Schinzel (Luz)	Breslauer Metallgießerei (Meinecke)	Andrae	Verschiedene				
100	*Königshütte-Adolfschacht	106 900	50	—	450	—	—	407	—	—	—	—	—	—	—	—	857	216
101	*Görlitz	81 564	62	—	2380	—	—	—	311	—	—	290	73	19	—	—	3 073	3 290
102	Linz a. d. D. (Österreich)	60 326	77	—	—	468	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	468	1 687
103	*Steele a. d. Ruhr	31 603	147	6	37	—	—	1142	—	—	—	—	—	—	—	—	1 185	1 180
104	Krakau	100 700	46	—	—	—	—	—	—	—	398	4	—	7	—	—	409	1 491
105	*Mainz	88 021	52	1	1962	819	128	328	—	—	—	726	—	1	—	5	3 970	3 872
106	Flensburg	52 000	79	200	48	—	—	—	—	—	—	—	650	—	—	1	899	2 235
107	Heilbronn	38 000	100	32	100	40	—	20	6	—	6	8	472	23	8	—	715	2 970
108	Cannstatt	27 000	137	1	2	5	—	5	—	—	1	—	108	2	—	—	124	1 654
109	*Bielefeld	66 000	55	—	2	1331	—	1114	—	—	—	1423	28	—	—	—	3 898	4 037
110	Bernburg a. d. S.	35 142	102	33	—	—	—	46	—	—	—	—	—	—	—	—	79	2 979
111	*Ludwigshafen a. Rh.	59 500	59	—	674	782	—	—	278	—	407	260	—	—	—	—	2 401	—
112	*Bergisch-Gladbach	17 000	195	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	120	—	—	1 320	1 348
113	*Osnabrück	54 373	59	—	—	—	—	3730	134	—	—	—	6	1	—	—	3 872	3 993
114	Hanau a. M.	30 538	105	13	220	13	—	15	6	—	34	1	—	—	33	—	302	2 013
115	*Colmar i. E.	39 000	82	—	—	1320	—	—	188	—	840	—	—	—	30	—	2 381	2 555
116	*Hamm i. W.	35 000	90	—	—	—	—	2429	—	—	—	—	—	—	—	—	2 429	2 429
117	*Harburg a. d. E.	55 000	55	1	5	2	—	2461	5	—	—	40	1	2	—	1	2 518	—
118	*Gleiwitz	56 000	45	—	—	—	—	1335	—	—	—	—	—	—	—	—	1 335	1 200
119	Thun (Schweiz)	6 500	445	2	2	19	125	118	9	—	1	44	—	—	118	—	438	504
120	*Olmütz (Österreich)	26 000	105	868	—	—	—	—	2	—	198	—	—	3	2	—	1 073	1 000
121	*Halberstadt	44 000	61	2296	—	—	—	—	—	—	22	—	—	15	—	—	2 333	2 333
122	*Bamberg	42 000	61	—	1842	1	—	124	1	—	—	—	—	—	—	—	1 968	1 883
123	*St. Johann a. d. Saar	21 300	112	—	—	—	—	1192	—	—	—	—	—	—	—	—	1 192	1 123
124	*Reutlingen	21 500	113	97	1	—	—	91	43	—	—	1	856	4	—	—	1 093	1 811
125	Soest	17 000	141	—	—	—	—	—	160	—	—	—	—	15	—	—	175	1 660
126	*Erlangen	23 000	102	—	—	1233	—	—	—	—	—	—	193	—	—	—	1 426	1 391

127	*Gießen	25 415	85	1731	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 731	1 761
128	Eßlingen	22 000	98	6	3	100	—	1	1	—	—	—	50	—	—	—	161	1 300
129	*Stolberg (Rhl.)	17 000	126	—	—	—	—	1003	—	—	—	—	—	—	—	—	1 003	1 003
130	*Wesel	22 556	95	9	1549	9	9	61	1	—	—	2	—	1	—	—	1 641	1 586
131	Offenburg (Baden)	15 200	140	1	2	47	—	—	110	—	—	—	5	—	—	—	165	900
132	*Landshut	23 700	84	—	—	1134	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 134	1 170
133	*Neunkirchen (Reg.-Bez. Trier)	30 000	67	—	339	139	5	135	558	—	554	111	—	7	—	—	1 848	1 700
134	*Rheydt u. Odenkirchen	52 600	38	—	51	—	923	1337	—	—	—	4	—	—	—	—	2 315	2 300
135	*Lüneburg	25 000	80	—	—	—	—	1494	524	—	3	—	1	1	—	—	2 023	1 950
136	*Reuß	28 472	70	87	687	346	608	6	178	—	1	—	—	—	10	—	1 923	1 862
137	*Pola (Österreich)	36 227	52	41	3	475	—	1	—	13	227	1	—	2	1	—	764	764
138	*Pirmasens	32 000	59	183	579	—	—	158	22	—	540	—	314	—	6	—	1 802	—
139	Cöthen	23 300	72	206	3	—	—	—	—	—	5	3	—	—	—	—	217	2 074
140	Meißen W.-W. I	32 000	32	—	512	—	—	—	—	—	46	31	—	—	—	—	589	962
	" " II	—	20	5	—	—	—	—	—	—	359	—	—	—	—	—	364	599
141	Höchst a. M.	14 733	111	—	—	—	—	138	1	—	—	—	—	1	—	—	140	2 606
142	Raab (Ungarn)	—	täglich 1619cbm	—	18	6	—	—	—	116	8	—	—	16	—	—	164	923
143	*Hildesheim	43 800	36	—	1512	—	—	1944	—	—	—	—	—	—	—	—	3 456	3 456
144	Ludwigsburg	19 600	78	46	—	138	—	—	30	—	2	—	150	2	—	—	368	1 030
145	*Viersen	18 624	79	—	1232	—	—	—	—	—	—	300	—	—	—	—	1 532	1 532
146	*Troppau (Österreich)	27 200	53	—	142	620	—	2	2	151	11	—	18	4	42	—	992	989
147	*Malstatt-Burbach	33 000	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
148	*Godesberg	9 700	138	2	276	—	—	75	—	—	445	—	541	—	—	—	1 339	1 346
149	Blasewitz bei Dresden	7 500	175	37	—	—	—	—	—	—	—	78	—	—	—	—	115	635
150	Ohligs	22 000	58	—	—	—	—	334	—	—	20	1	—	—	—	—	355	1 050
151	*Naumburg a. d. S.	23 240	53	—	244	—	—	—	—	—	—	1670	—	—	—	—	1 914	1 914
152	*Merseburg	19 118	62	—	881	—	—	—	—	—	—	408	—	—	—	—	1 289	1 289
153	*Minden i. W.	25 500	44	—	—	—	—	1412	—	—	—	—	—	—	—	—	1 412	1 391
154	*Geestemünde	20 000	55	35	114	—	—	1481	—	—	—	20	—	6	1	—	1 657	1 486
155	Schwäb.-Gmünd	18 900	60	—	1	—	—	211	—	—	—	—	1	—	—	—	213	1 298
156	Weinheim	11 000	100	—	8	10	—	—	14	—	—	—	—	39	—	—	71	1 156
157	*Lüdenscheid	26 500	40	—	875	547	—	10	14	—	—	—	1	—	—	—	1 447	1 442
158	Frechen	16 500	64	2	12	16	—	144	—	—	36	14	—	—	—	—	224	1 493

(In den mit * bezeichneten Orten sind die Wassermesser obligatorisch, in den mit † bezeichneten nur bei Neuanlagen)

Nr.	Ort	Einwohnerzahl des Wasserversorgungsgebietes 1902	Wasserverbrauch im Mittel pro Kopf u. Tag Liter	Wassermesser im Jahre 1902 im Betrieb: Rotationsmesser: Siemens & Halske	Meinecke	Faller: Spanner	Faller: Wiesenthal & Co.	Dreyer, Rosenkranz & Droop	Valentin, Bopp & Reuther	Teirich, Leopolder	Schinzel (Lux)	Breslauer Metallgießerei (Meinecke)	Andrae	Verschiedene	Scheiben-Wassermesser	Kolben-Wassermesser	Summe	Anzahl der Abnehmer oder Anschlüsse
159	*Schweidnitz	29 600	35	3	857	—	—	3	—	—	2	—	—	—	—	—	865	870
160	*Zeitz	—	täglich 1065 cbm	1	456	—	—	875	3	—	—	—	80	8	—	—	1 423	1 423
161	*Brühl	22 000	45	—	1097	—	185	622	—	—	3	60	1	—	—	—	1 968	1 968
162	Durlach	11 400	81	—	—	—	—	—	—	—	92	101	—	—	—	—	193	863
163	*Herford	26 250	35	—	1	—	—	614	—	—	203	298	1	1	—	—	1 118	1 410
164	*Lippstadt	—	täglich 917 cbm	—	—	1317	—	—	—	—	2	—	13	—	—	—	1 333	1 333
165	Neutitschein (Österreich)	12 500	71	—	—	—	—	—	—	—	66	—	—	—	—	—	66	886
166	Quedlinburg	24 000	35	927	346	—	—	383	31	—	15	294	—	2	—	—	1 998	—
167	*Cuxhaven-Döse	9 450	87	—	661	—	—	11	—	—	4	507	—	—	—	—	1 183	—
168	*Biebrich a. Rh.	16 000	50	—	388	26	—	—	—	—	29	—	407	—	—	—	850	849
169	Großenhain	12 000	65	—	252	—	—	—	461	—	6	—	—	—	—	—	719	917
170	Oschatz	11 040	66	—	10	—	—	3	—	50	11	91	—	—	—	—	165	—
171	*Hameln	20 000	36	413	—	—	—	807	—	—	—	—	—	—	1	—	1 221	1 120
172	*Rudolstadt	12 500	57	—	—	—	—	821	3	—	—	200	1	—	1	1	1 027	996
173	*Neuwied	11 100	60	102	423	—	90	72	—	—	—	—	—	104	—	—	791	791
174	*Döbeln i. S.	18 331	36	414	13	479	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	908	—
175	*Glatz	13 500	46	580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	580	559
176	*Grünberg i. Schl.	18 000	34	210	223	—	—	2	—	—	2	733	—	—	—	—	1 170	1 170
177	†Schönebeck a. d. E.	17 000	36	150	121	—	—	71	—	—	—	260	—	—	—	—	602	1 045
178	Sagan	13 550	44	—	28	—	—	—	—	—	—	230	—	—	—	—	258	756
179	*Siegburg	14 500	40	—	79	—	—	1120	—	—	—	—	—	—	—	—	1 199	1 189
180	*Arnstadt	15 063	39	—	1	—	—	1185	—	—	—	—	—	—	—	—	1 186	1 197
181	*Oldenburg i. Gr.	36 000	16	1277	2	—	—	11	—	—	—	—	3	—	—	—	1 293	1 263
182	Tarnowitz	12 125	42	2	36	—	—	3	50	—	5	60	—	—	—	—	156	874
183	*Werdau	18 767	21	—	—	—	—	—	—	—	—	1374	—	200	—	—	1 574	1 298
184	*Peine	15 400	29	—	—	—	—	390	—	—	—	638	—	—	—	—	1 028	987

185	*Traunstein i. B.	6 840	70	—	—	484	—	—	26	—	6	—	—	—	—	—	516	516
186	Oeynhausen i. W.	im Winter 9 200 im Sommer 12 600	40	—	171	—	42	2	—	—	—	133	—	—	—	—	348	346
187	Weißenthurm	2 673	141	101	21	—	2	12	—	—	—	42	—	—	—	—	178	346
188	*Ratingen	8 250	40	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	540	—	—	640	640
189	Colditz	5 000	67	—	—	13	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	33	460
190	*Inowrazlaw	24 600	13	20	472	1	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	496	483
191	Herdecke a. d. Ruhr	5 033	62	—	2	—	—	52	—	—	6	36	—	1	—	—	97	364
192	Groß-Salze	7 200	40	—	—	—	—	547	—	—	—	13	—	—	—	—	560	741
193	Lauenburg a. d. E.	5 346	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	613
194	*Wetter a. d. Ruhr	6 998	37	—	—	—	—	430	—	—	—	—	—	—	—	—	430	393
195	*Rüdesheim	4 840	54	—	—	—	—	444	1	—	—	—	—	—	—	—	445	445
196	Vegesack	6 000	41	—	215	—	—	—	3	—	—	1	—	1	1	—	221	671
197	*Frankenstein	8 081	28	—	473	—	—	—	26	—	8	—	—	—	—	—	507	507
198	*Verden a. d. Aller	7 400	30	—	1	—	—	621	2	—	—	1	—	—	—	—	625	575
199	*Boppard	5 800	38	—	—	551	—	1	6	—	24	—	—	36	—	—	618	602
200	*Niederplanitz	12 000	17	2	10	—	—	1	—	—	50	1	—	319	—	—	383	441
201	*Gottesberg i. Schl.	9 989	22	2	61	—	—	15	3	—	4	112	2	2	—	—	201	201
202	Oberlahnstein	8 032	22	—	—	265	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	266	619
203	*Waren i. M.	9 010	19	—	55	—	—	—	235	—	—	15	—	—	—	—	305	302
204	*Brebach	3 420	48	—	—	131	—	—	—	—	65	—	—	—	—	—	196	196
205	*Treuen i. V.	7 222	21	—	—	449	—	—	—	—	143	—	—	—	—	—	592	591
206	*Neustrelitz	11 340	12	—	165	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	285	293
207	*Copitz	5 100	24	—	—	—	—	—	—	—	246	—	—	—	—	—	246	246
208	Burscheid	2 000	48	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	100	230
209	*Ludwigslust	6 660	8	—	113	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	113	109
210	*Templin	4 750	10	—	124	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	124	124
211	*Preßeck	1 070	33	—	—	—	—	—	—	—	48	—	6	—	—	—	54	54

IV. Wasserwerke mit natürlichem Gefälle.

212	*München	509 000	217	—	—	11 452	—	2007	39	—	—	—	—	—	—	—	13 498	14 619
213	Kristiania (Norwegen)	225 309	143	1740	2	—	—	—	—	—	—	25	—	9	—	1	1 777	7 126
214	Freiburg i. Br.	63 300	259	1048	450	40	—	264	7	—	126	176	2	2	17	—	2 132	4 009
215	*Danzig	142 000	80	1896	2794	—	—	1	—	—	566	208	—	1	—	—	5 466	5 788

(In den mit * bezeichneten Orten sind die Wassermesser obligatorisch, in den mit † bezeichneten nur bei Neuanlagen)

Nr.	Ort	Einwohnerzahl des Wasserversorgungsgebietes 1902	Wasserverbrauch im Mittel pro Kopf u. Tag Liter	Wassermesser im Jahre 1902 im Betrieb: Rotationsmesser: Siemens & Halske	Meinecke	Faller: Spanner	Faller: Wiesenthal & Co.	Dreyer, Rosenkranz & Droop	Valentin, Bopp & Reuther	Teirich, Leopolder	Schinzel (Lux)	Breslauer Metallgießerei (Meinecke)	Andrae	Verschiedene	Scheiben-Wassermesser	Kolben-Wassermesser	Summe	Anzahl der Abnehmer oder Anschlüsse
216	*Wiesbaden	92 000	101	2269	—	1749	—	—	—	—	—	—	577	—	—	12	4 607	4 285
217	*Chemnitz (zum Teil mit künstlicher Hebung)	209 719	41	5617	92	—	—	115	—	—	—	—	—	—	—	—	5 824	5 755
218	*Kassel	110 000	81	1437	716	927	—	1000	1	—	—	—	—	—	—	—	4 081	4 093
219	*Landau (Pfalz)	16 800	285	2	—	—	—	9	1107	—	5	—	—	—	—	—	1 123	1 115
220	Salzburg (Österreich)	34 000	217	—	36	18	—	—	—	230	89	—	—	14	—	—	387	1 450
221	*Offenbach a. M.	55 000	49	976	252	214	295	617	80	—	—	21	—	1	—	—	2 456	2 460
222	*St. Gallen (Schweiz)	50 000	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 755	2 994
223	*Zittau	33 500	100	—	1	1469	—	—	649	—	—	—	—	—	4	—	2 123	390
224	*Heidelberg	41 000	81	48	30	—	—	2431	—	—	2	—	2	2	4	—	2 519	2 526
225	*Weißenfels a. d. S.	28 583	30	62	4	1100	1	6	6	—	1	163	2	4	15	4	1 369	1 355
226	*Plauen i. V.	81 896	38	2981	429	—	—	186	252	—	2	1	41	—	—	—	3 892	3 915
227	*Bozen (Österreich)	12 000	251	—	—	360	—	—	—	10	150	—	—	—	—	—	520	520
228	*Elbing	55 000	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 917	1 887
229	*Teplitz-Schönau (Österr.)	25 800	95	—	226	323	—	—	—	—	270	391	—	19	—	—	1 229	1 250
230	*Meiningen	16 000	127	—	—	686	—	—	214	—	—	—	—	—	—	—	900	900
231	Nordhausen	28 800	87	110	930	—	—	340	22	—	125	29	—	77	—	—	1 633	1 968
232	*Baden-Baden	19 000	117	—	595	36	—	—	—	—	—	—	697	2	—	—	1 330	1 256
233	*Hof (Bayern)	34 500	63	—	1476	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 476	1 466
234	*Gotha	34 700	59	2305	—	26	—	167	178	—	11	17	—	—	—	—	2 704	2 625
235	*Kreuznach	22 000	45	—	—	2419	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 419	2 419
236	*Kaufbeuren	8 000	118	1	—	573	—	—	37	—	17	—	—	—	—	—	628	628
237	*Iserlohn	27 487	57	12	25	1	53	1192	5	—	1	19	483	5	9	—	1 805	1 833
238	*Eisenach	34 000	53	—	—	1	—	2358	—	—	1	1	—	—	3	—	2 364	2 319
239	*Göttingen	32 500	54	—	—	15	—	2161	—	—	—	—	—	—	—	—	2 176	2 176
240	*Glauchau i. S.	25 500	70	150	75	—	—	1	40	—	1	2000	—	—	—	—	2 267	2 230
241	*Greiz	22 500	30	—	1237	—	—	—	—	—	—	—	—	46	—	—	1 283	1 283

242	*Gablonz i. Böhmen	23 000	17	—	—	—	—	—	1	—	120	54	595	—	180	—	950	858
243	Deuben	11 000	136	—	—	—	—	22	—	—	—	22	—	—	—	—	44	530
244	*Neustadt a. d. H.	18 000	80	—	17	1246	—	1	4	—	57	2	367	—	—	—	1 694	1 586
245	Annaberg i. S.	16 000	89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	137	1 008
246	*Mühlhausen i. Th.	34 000	40	—	—	434	—	2345	36	—	—	—	—	—	—	—	2 815	2 830
247	*Kulmbach	10 500	125	241	—	—	—	—	—	—	318	—	12	—	—	—	571	571
248	*Reichenbach i. V.	26 000	43	122	14	—	—	50	210	—	721	4	4	—	—	—	1 125	1 100
249	*Siegen	33 000	35	—	—	2173	—	50	—	—	2	—	—	—	—	—	2 225	2 406
250	Schwäb.-Hall	9 700	113	—	6	—	—	40	4	—	—	—	10	2	—	—	62	650
251	*Olsnitz i. V.	15 400	65	2	377	—	—	87	80	—	—	341	—	—	—	—	887	887
252	*Wernigerode	12 500	78	—	400	32	—	263	—	—	1	102	—	—	—	—	798	798
253	*Markneukirchen	8 000	19	—	200	—	—	318	65	—	1	—	—	—	—	—	584	600
254	Schneeberg i. S.	8 752	100	—	24	—	—	—	50	—	9	1	—	—	—	—	84	633
255	*Glogau	18 000	45	30	70	1	—	43	—	—	—	474	—	—	—	—	618	618
256	Backnang	7 000	90	150	—	—	—	—	—	—	2	—	3	7	—	—	162	654
257	*Blankenburg a. H.	10 300	23	15	—	—	—	3	20	—	180	816	14	—	—	—	1 048	1 013
258	*Schwelm	15 000	44	—	500	—	—	—	—	—	—	—	—	172	—	—	672	669
259	*Hohenlimburg	12 000	52	—	—	—	—	730	—	—	—	—	—	1	—	—	731	750
260	Eibenstock i. S.	8 000	30	—	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	140	530
261	*Waldheim	8 793	56	—	588	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	588	588
262	Bendorf a. Rh.	8 680	60	—	—	67	—	450	1	—	6	1	4	—	—	—	529	848
263	*Poln.-Ostrau	20 000	26	—	—	—	—	—	—	—	270	—	—	—	—	—	270	215
264	*Bückeburg	5 800	88	—	—	—	—	180	12	—	186	—	—	—	—	—	378	—
265	Schärding(Ob.-Österreich)	4 000	115	—	—	5	—	—	—	—	95	—	—	—	—	—	100	360
266	Lunzenau	3 942	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	211
267	Mylau i. V.	8 100	34	—	24	—	—	5	—	—	5	—	—	—	—	—	34	558
268	*Netzschkau i. S.	7 600	15	427	—	—	—	—	—	—	61	—	—	—	—	—	488	488
269	*Eupen	14 225	25	—	528	—	398	6	1	—	—	—	27	—	—	—	960	960
270	*Gonsenheim	4 880	17	217	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	217	218
271	*Harzgerode i. A.	4 000	8	—	—	—	—	—	—	—	366	1	—	—	—	—	367	366
272	Sondershausen	7 050	36	—	10	—	—	4	—	—	540	3	—	—	—	—	557	772
273	*Damm	3 100	16	—	182	—	—	—	—	—	—	—	150	—	—	—	332	333
274	Freibergsdorf	2 300	50	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	160
275	*Alexisbad i. Anh.	—	täglich 5,3 cbm	8	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	11	13

Wassermesserprobierstationen.

Die Wassermesserprobierstationen sind besonders in Rücksicht auf den Umstand, daß die Wassermesserfabrikation fortwährend Verbesserungen an den vorhandenen Wassermeßapparaten und auch neue Systeme zustandebringt, von größter Wichtigkeit geworden und deshalb bei den größeren Wasserwerksverwaltungen, bei welchen sich ohnehin stets eine Wassermesserreparaturwerkstätte als unentbehrlich erweist, neben dieser eingeführt. Die bei einer solchen Anlage nötigen Einrichtungen werden am besten durch einige Beispiele erläutert, die wir im folgenden vorbringen. Beim Gebrauch der Apparate wird die durch den probierten Wassermesser in einer bestimmten Zeit geflossene Wassermenge in einem geeichten Gefäß aufgefangen, dessen Inhalt von Liter zu Liter an einem Wasserstandsglas abgelesen werden kann und durch Vergleichung mit der vom Messer angegebenen Menge die Genauigkeit des Messers ergibt.

Fig. 594 stellt eine Wassermesserprobierstation von Lux, Ludwigshafen dar. Die Station besteht aus zwei Behältern *B*, welche in je vier Abteile getrennt sind, deren einer in der Figur dargestellt ist. An der Vorderseite der Abteile ist je ein Wasserstandsglas und eine Teilung *T* angebracht. Der zu prüfende Wassermesser *W* wird, wie aus der Figur ersichtlich, an einen Stutzen der Leitung *L* angeschlossen. Die in der Leitung enthaltene Luft soll durch das Entlüftungsventil *E* austreten. Der Druck kann durch einen an der Leitung angebrachten Schieber reguliert und an dem Manometer *M* abgelesen werden. Durch ein Bodenventil wird der Meßbehälter entleert und der Inhalt desselben gelangt durch die Trichter, welche ein Umherspritzen des Wassers verhindern, in den Sumpf *S*, einen aus Brettern gebildeten, innen mit Zinkblech verkleideten Kasten. An die Flansche können Wassermesser für eine lichte Rohrweite von 10 bis 30 Millimeter angeschlossen werden. Bei größeren Lichtweiten wird der Wassermesser an eine weitere Leitung angeschlossen und das hindurchgegangene Wasser durch einen großen Gummischlauch in die Behälter geleitet. Die Ablesung auf der Teilung *T* kann bis zu $^1/_2$ Liter genau gemacht werden.

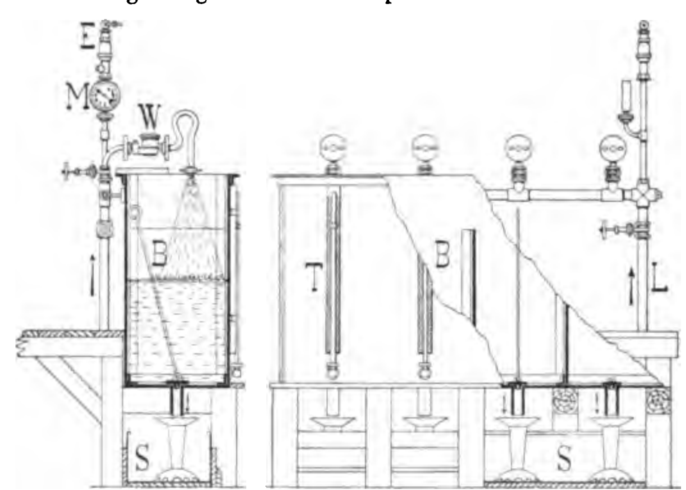


Fig. 594. Wassermesserprobierstation Lux.

Eine Probierstation für Wassermesser jeder Dimension von Bopp & Reuther, Mannheim zeigt Fig. 595. Die kleineren Behälter, von je 20 Liter Inhalt, lassen die Meßgefäße zum Prüfen der Wassermesser erkennen, deren Zifferblätter noch einzelne Liter ablesen lassen; der große Behälter mit ca. 1 bis 3 Kubikmeter Inhalt dient für Wassermesser, die nur noch einzelne Hektoliter oder Kubikmeter anzeigen. Erstere sind schmiedeiserne geeichte Gefäße mit einem Wasserstandsglas, dem Ablaßventil im Boden des Gefäßes, einer Einspannvorrichtung mit Absperrventil und dem Ausgußrohr in den Meßbehälter. Die große Probierstation hat einen gußeisernen Tisch *T* mit zwei U-Schienen *S*, welche die verstellbaren Platten *P* für die Messer und die Rolle *R* für die Ausgußröhren tragen. Die kleinere der beiden Ausgußröhren dient zur Prüfung der Empfindlichkeit des Wassermessers und enthält bei *G* eine Holländerverschraubung zur Aufnahme der jeweils für kleine durchfließende Wassermengen benötigten Kaliberscheiben (dünne Blechscheiben mit Durchflußöffnungen von 20 Millimeter bis herab zu 0,5 Millimeter). Um Druckschwankungen des Rohrnetzes beobachten zu können, ist ein Manometer vor dem Absperrventil des großen Probierapparats aufgesetzt; sollen Druckverlustbeobachtungen angestellt werden, so wird ein zweites Manometer direkt hinter dem Wassermesser eingeschaltet. Die Prüfung geschieht folgendermaßen: nachdem der Messer eingespannt ist, öffnet man das zugehörige Ventil so lange, bis der Messer ganz mit Wasser gefüllt, bei Naßläufern durch Lösen der Entlüftungsschraube die Luft aus dem Messer entfernt und der Zeiger auf Null gebracht ist. So-

dann schließt man das Zulaufventil wieder und ferner das Ablaßventil des Meßgefäßes, nachdem man sich vorher überzeugt hat, ob dasselbe völlig entleert ist; dann öffnet man das Zulaufventil abermals und läßt so lange Wasser durch den Messer laufen, bis der Literzeiger einen Durchfluß von 100 Liter, bezw. 10 Hektoliter u. s. f. anzeigt. In dem Moment schließt man das Zulaufventil ab und liest nun am Wasserstand des betreffenden Meßgefäßes die wirkliche Durchflußmenge ab. Findet man, daß weniger als 100 Liter durchgeflossen sind, so hat der Messer zuviel gezeigt und erhält dann die bezügliche Notiz des Wassermesserprotokolls (wie unten der Praxis entnommene Beispiele zeigen): das Zeichen + (Plus), im umgekehrten Falle, wenn der Messer weniger zeigt, das Zeichen — (Minus). Beträgt die Differenz für die normale Durchflußmenge mehr als 2 Pro-

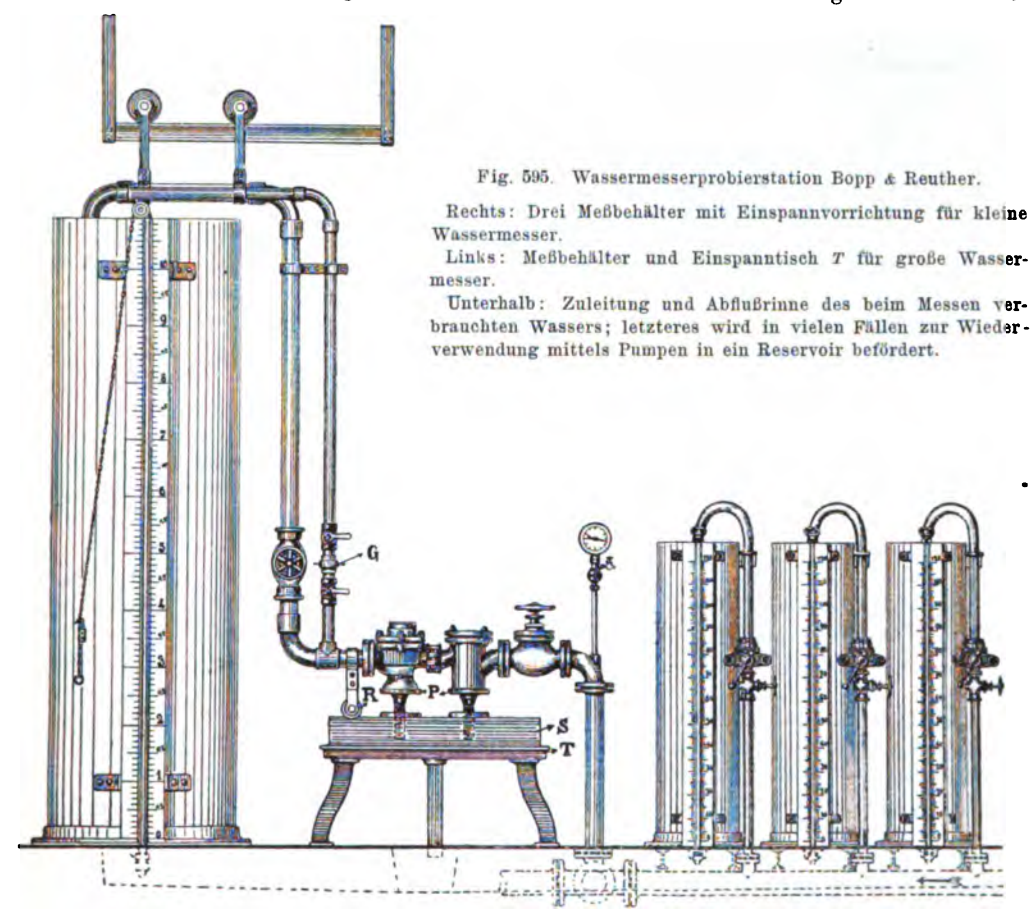


Fig. 595. Wassermesserprobierstation Bopp & Reuther.

Rechts: Drei Meßbehälter mit Einspannvorrichtung für kleine Wassermesser.

Links: Meßbehälter und Einspanntisch *T* für große Wassermesser.

Unterhalb: Zuleitung und Abflußrinne des beim Messen verbrauchten Wassers; letzteres wird in vielen Fällen zur Wiederverwendung mittels Pumpen in ein Reservoir befördert.

zent ± (Plus oder Minus), so kann durch den Mechaniker der Probierstation die Regulierung des Wassermessers dementsprechend verstellt werden, worüber im Protokoll diesbezügliche Vermerke gemacht und die Proben wiederholt werden. Läßt sich ein befriedigendes Resultat nicht erreichen, so wird der Wassermesser von der Annahme bezw. vom Einbau ausgeschlossen und der Fabrik zurückgestellt.

Schließlich fügen wir noch eine Anzahl von Wassermesserproben bei, welche nach Meinecke mit 20 Millimeter-Messern von sechs verschiedenen Systemen im Wasserwerk Bochum vorgenommen wurden. Die erste Kolonne zeigt die Ausflußöffnungen in Millimeter, von der Lichtweite des normalen Messers bis herab zu 0,6 Millimeter (durch eingeschaltete Kaliberscheiben verengt) und die vorletzte Kolonne gibt die diesen Auslaßöffnungen entsprechenden Wassermengen an, von 8,6 Kubikmeter (normal 5 Kubikmeter) ab bis jeweils zu der Wassermenge, bei welcher die Zeigerwerke stillstehen, womit die Empfindlichkeit des Wassermessers festgestellt ist. Vgl. auch [62], [78].

Darüber, ob es zweckmäßig sei, große Probierstationen unter Staatsaufsicht zu errichten und von dem Ergebnis der Proben die Zulassung der Wassermesser bestimmter Systeme abhängig zu machen, gehen die Ansichten zur Zeit noch weit auseinander.

Wassermesserproben, ausgeführt in Bochum.

Am 8. und 9. Juni 1891;
20 Millimeter-Wassermesser Nr. 39250 von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover.

Laufende Nr.	Ausflußöffnung mm	Anfang der Prüfung: Zeit Uhr	Minuten	Sekunden	Stand des Meßgefäßes in Litern	Stand des Wassermessers in Litern	Druck in Atmosph. vor dem Messer	Ende der Prüfung: Zeit Uhr	Minuten	Sekunden	Stand des Meßgefäßes in Litern	Stand des Wassermessers in Litern	Dauer d. Prüfung: Stunden	Minuten	Sekunden	Durchgeflossene Wassermenge in Litern	Angezeigte Wassermenge in Litern	Durchflußmenge pro Stunde in Litern	Differenz in Proz. +	Differenz in Proz. −
1	20	3	6	—	—	1100	4,6	3	12	58	1000	2158	—	6	58	1000	1058	8612,4	5,8	—
2	13	4	56	—	—	2200	4,6	5	7	—	1000	3252	—	11	—	1000	1052	5454,5	5,2	—
3	10	5	14	—	—	3900	4,8	5	20	25	500	4425	—	6	25	500	525	4675,0	5,0	—
4	6	5	23	—	—	4425	4,8	5	36	8	500	4941	—	13	8	500	516	2284,2	3,2	—
5	5	5	40	—	—	4941	4,8	5	50	45	500	5452	—	19	45	500	511	1434,6	2,2	—
6	4	6	1	—	500	5452	5,1	6	30	—	1000	5971	—	29	—	500	519	1034,5	3,8	—
7	3	6	38	—	—	5971	5,1	7	—	35	300	6277	—	22	45	300	306	791,0	2,0	—
8	2	8	54	—	—	6300	5,5	9	52	45	300	6606	—	58	45	300	306	306,4	2,0	—
9	1,5	10	31	—	300	6610	5,0	11	6	15	400	6701	—	35	15	100	91	170,2	—	9,0
10	1,3	12	12	—	500	6702	5,0	1	47	—	700	6826	1	35	—	200	126	126,3	—	37,0
11	1,2	11	9	—	400	6702	5,0	12	17	—	500	6702	1	2	—	100	—	96,8	keine Bewegung	

Am 9. Juni 1891;
20 Millimeter-Wassermesser Nr. 2266 der Breslauer Metallgießerei, Kommandit-Ges. H. Wolff.

Laufende Nr.	Ausflußöffnung mm	Anfang der Prüfung: Zeit Uhr	Minuten	Sekunden	Stand des Meßgefäßes in Litern	Stand des Wassermessers in Litern	Druck in Atmosph. vor dem Messer	Ende der Prüfung: Zeit Uhr	Minuten	Sekunden	Stand des Meßgefäßes in Litern	Stand des Wassermessers in Litern	Dauer d. Prüfung: Stunden	Minuten	Sekunden	Durchgeflossene Wassermenge in Litern	Angezeigte Wassermenge in Litern	Durchflußmenge pro Stunde in Litern	Differenz in Proz. +	Differenz in Proz. −
1	20	2	50	—	—	100	4,5	2	57	30	1000	1131	—	7	30	1000	1031	8000,0	3,1	—
2	13	3	6	—	—	1200	4,8	3	16	20	1000	2234	—	10	20	1000	1034	5806,5	3,4	—
3	10	3	24	—	—	2234	5,1	3	30	20	500	2749	—	6	20	500	515	4736,9	3,0	—
4	6	3	37	—	—	2749	5,5	3	50	—	500	3252	—	13	—	500	503	2307,7	0,6	—
5	5	3	55	—	500	3252	5,4	4	14	27	1000	3760	—	19	27	500	508	1542,4	1,6	—
6	4	4	23	—	—	3760	5,5	4	52	—	500	4269	—	29	—	500	509	1030,0	1,8	—
7	3	5	—	—	500	4269	5,4	5	21	45	800	4587	—	21	45	300	318	827,6	6,0	—
8	2	5	38	—	—	4587	5,5	6	35	5	300	4910	—	57	5	300	323	315,3	7,66	—
9	1,5	7	10	—	500	4910	5,8	8	17	35	700	5113	1	7	35	200	203	177,6	1,5	—
10	1,3	8	25	—	700	5113	5,0	9	14	15	800	5190	—	49	15	100	77	121,8	—	23,0
11	1,2	9	17	—	800	5190	5,3	10	16	30	900	5247	—	59	30	100	57	100,8	—	43,0
12	1,0	10	20	—	900	5247	5,6	11	8	—	960	5247	—	48	—	60	—	75,0	keine Bewegung	

Am 10. und 11. Juni 1891;
20 Millimeter-Wassermesser Nr. 64105 mit Kugelregulierung von H. Meinecke, Breslau.

Laufende Nr.	Ausflußöffnung mm	Anfang der Prüfung: Zeit Uhr	Minuten	Sekunden	Stand des Meßgefäßes in Litern	Stand des Wassermessers in Litern	Druck in Atmosph. vor dem Messer	Ende der Prüfung: Zeit Uhr	Minuten	Sekunden	Stand des Meßgefäßes in Litern	Stand des Wassermessers in Litern	Dauer d. Prüfung: Stunden	Minuten	Sekunden	Durchgeflossene Wassermenge in Litern	Angezeigte Wassermenge in Litern	Durchflußmenge pro Stunde in Litern	Differenz in Proz. +	Differenz in Proz. −
1	20	11	14	—	—	100	4,5	11	21	2	1000	1119	—	7	2	1000	1019	8530,8	1,9	—
2	13	11	27	—	—	1200	5,0	11	38	—	1000	2215	—	11	—	1000	1015	5454,5	1,5	—
3	10	11	42	—	—	2220	5,0	11	48	40	500	2725	—	6	40	500	505	4500,0	1,0	—
4	6	11	52	—	500	2725	5,2	12	5	15	1000	3231	—	13	15	500	506	2264,2	1,2	—
5	5	1	16	—	—	3231	5,6	1	35	10	500	3734	—	19	10	500	503	1544,0	0,6	—
6	4	1	40	—	500	3734	5,7	2	9	8	1000	4239	—	29	8	500	505	1029,7	1,0	—
7	3	2	26	—	—	4239	5,7	2	48	45	300	4541	—	22	45	300	302	791,2	0,66	—
8	2	2	52	—	300	4541	5,8	3	47	5	600	4846	—	55	5	300	305	326,8	1,66	—
9	1,5	3	53	—	600	4846	5,8	4	58	35	800	5052	1	5	35	200	206	183,0	3,0	—
10	1,3	5	1	—	800	5052	5,8	5	47	—	900	5154	—	46	—	100	102	130,4	2,0	—
11	1,2	5	50	—	900	5154	5,6	6	48	40	1000	5257	—	58	—	100	103	103,4	3,0	—
12	1,0	9	6	—	—	5400	5,2	10	24	50	100	5500	1	18	50	100	100	76,1	—	—
13	0,9	10	37	—	100	5500	5,2	12	6	—	200	5595	1	29	—	100	95	67,4	—	5,0
14	0,8	12	8	—	200	5595	5,4	2	7	—	300	5681	1	59	—	100	86	50,4	—	14,0
15	0,7	2	10	—	300	5681	5,6	4	26	15	400	5767	2	16	15	100	86	44,0	—	14,0
16	0,6	7	14	—	—	5767	5,8	7	30	—	350	5865	12	16	—	350	98	28,5	—	72,0

Laufende Nr.	Ausflußöffnung	Anfang der Prüfung: Zeit			Stand des		Druck in Atmosph. vor dem Messer	Ende der Prüfung: Zeit			Stand des		Dauer d. Prüfung			Wassermenge in Litern		Durchflußmenge pro Stunde in Litern	Differenz in Proz.	
	mm	Uhr	Minuten	Sekunden	Meßgefäßes in Litern	Wassermessers in Litern		Uhr	Minuten	Sekunden	Meßgefäßes in Litern	Wassermessers in Litern	Stunden	Minuten	Sekunden	Durchgeflossene	Angezeigte		+	—
Am 11. und 12. Juni 1891; 20 Millimeter-Wassermesser Nr. 110189 von Siemens & Halske, Berlin.																				
1	20	5	45	—	—	—	4,8	5	53	—	—	—	—	8	—	1000	1042	7500,0	4,2	—
2	13	6	3	—	—	—	5,0	6	13	45	—	—	—	10	45	1000	1047	5581,4	4,7	—
3	10	6	19	—	—	—	5,0	6	25	30	—	—	—	6	30	500	532	4615,9	6,4	—
4	6	6	31	—	—	—	5,4	6	44	45	—	—	—	13	45	500	526	2181,8	5,2	—
5	5	6	48	—	—	—	5,6	7	7	—	—	—	—	19	—	500	519	1578,9	3,8	—
6	4	7	46	—	—	—	5,6	8	14	10	—	—	—	28	10	500	513	1065,1	2,6	—
7	3	8	23	—	—	—	5,6	8	54	25	—	—	—	31	25	300	295	572,9	—	1,66
8	2	9	—	—	—	—	5,2	10	22	30	—	—	1	22	30	400	375	290,9	—	6,25
9	1,5	10	27	—	—	—	5,4	11	54	—	—	—	1	27	—	200	156	137,9	—	22,0
10	1,3	12	—	—	—	—	5,2	1	12	—	—	—	1	12	—	100	69	83,3	—	31,0
11	1,2	1	22	—	—	—	5,2	2	17	—	—	—	—	55	—	100	52	109,1	—	48,0
12	1,0	2	21	—	—	—	5,2	3	37	—	—	—	1	16	—	100	44	78,9	—	56,0
13	0,9	3	43	—	—	—	5,4	5	10	—	—	—	1	27	—	100	29	69,0	—	71,0
14	0,8	7	15	—	—	—	5,8	7	39	—	—	—	12	24	—	640	175	51,6	—	72,7
15	0,7	5	15	—	—	—	5,6	6	25	—	—	—	1	10	—	50	8	43,0	—	84,0
Am 23. Juni 1891; 20 Millimeter-Wassermesser Nr. 103838 von C. Spanner, Wien.																				
1	20	10	39	—	—	300	4,6	10	47	40	1000	1311	—	8	40	1000	1011	6923,1	1,1	—
2	13	11	30	—	—	1400	5,0	11	42	20	1000	2410	—	12	20	1000	1010	4864,9	1,0	—
3	10	1	55	—	—	2410	5,4	2	2	15	500	2913	—	7	15	500	503	4138,0	0,6	—
4	6	2	7	—	500	2913	5,6	2	20	45	1000	3418	—	13	45	500	505	2188,8	1,0	—
5	5	2	29	—	—	3418	5,6	2	49	—	500	3921	—	20	—	500	503	1500,0	0,6	—
6	4	3	—	—	500	3921	5,2	3	18	—	800	4228	—	18	—	300	307	1000,0	2,33	—
7	3	3	23	—	—	4228	5,2	3	55	45	300	4531	—	32	45	300	303	557,3	1,0	—
8	2	3	58	—	300	4531	5,4	4	56	45	600	4845	—	58	45	300	314	306,4	4,66	—
9	1,5	5	—	—	600	4845	5,4	6	11	—	800	5055	1	11	—	200	210	169,1	5,0	—
10	1,3	6	15	—	800	5055	5,4	7	3	—	900	5159	—	48	—	100	109	125,0	9,0	—
11	1,2	9	21	—	—	5160	5,2	10	19	30	100	5257	—	58	30	100	97	102,6	—	3,0
12	1,0	10	21	—	100	5257	5,2	11	41	—	200	5327	1	20	—	100	70	75,0	—	30,0
13	0,9	3	16	—	300	5327	5,2	4	49	—	400	5376	1	33	—	100	49	64,5	—	51,0
14	0,8	4	52	—	400	5376	5,8	6	46	—	500	5414	1	54	—	100	38	52,6	—	62,0
15	0,7	9	22	—	—	5414	5,0	11	31	—	100	5414	2	9	—	100	—	46,5	keine Bewegung	
Am 25. und 26. Juni 1891; 20 Millimeter-Wassermesser Nr. 54952 von Guest & Chrimes, Rotherham.																				
1	20	10	16	—	—	—	5,0	10	30	30	1000	1015	—	14	30	1000	1015	4119,0	1,5	—
2	13	10	58	—	—	1100	5,0	11	15	15	1000	2115	—	17	15	1000	1015	3478,2	1,5	...
3	10	11	21	—	—	2115	5,0	11	30	30	500	2620	—	9	30	500	505	3157,8	1,0	—
4	6	11	36	—	500	2620	5,0	11	51	30	1000	3130	—	15	30	500	510	1935,4	2,0	—
5	5	3	28	—	—	3130	5,2	3	52	30	600	3735	—	24	30	600	605	1469,3	0,83	—
6	4	4	9	—	500	3735	5,4	4	40	30	1000	4248	—	31	30	500	513	952,3	2,6	—
7	3	5	10	—	—	4248	5,4	5	41	28	300	4548	—	31	28	300	300	519,0	—	—
8	2	6	1	—	300	4548	5,6	7	1	—	600	4850	1	—	—	300	302	300,0	0,66	—
9	1,5	7	12	—	—	4850	4,6	8	31	—	200	5043	1	19	—	200	193	151,9	—	3,5
10	1,3	8	52	—	200	5043	4,4	9	44	—	300	5124	—	52	—	100	81	115,4	—	19,0
11	1,2	10	38	—	—	5200	4,4	11	45	—	100	5268	1	7	—	100	68	89,5	—	32,0
12	1,0	11	52	—	100	5268	4,5	2	—	—	250	5280	2	8	—	150	12	70,3	—	92,0
13	0,9	7	14	—	—	4850	5,2	7	—	—	800	4850	11	53	—	800	—	67,4	keine Bewegung	

Literatur

über Wassermesser.

[1] Über Wassermesser (nach den englischen Originalpatenten von 1871). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 18 (1875), S. 13. — [2] Salbach, Über Wassermesser neuester Konstruktion. Ebenda S. 519. — [3] Muchall, E., Über die bei dem Wasserwerk der Stadt Wiesbaden gemachten Erfahrungen mit Wassermessern. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 19 (1876), S. 236. — [4] Salbach, B., Über Wassermesser neuester Konstruktion. Ebenda S. 574. — [5] Kolbenwassermesser, System Frager. Ebenda S. 737. — [6] Zur Wassermesserfrage. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877, S. 88. — [7] Disselhoff, Über Wassermesser. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877, S. 141 ff. — [8] Salbach, Wassermesseruntersuchungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 20 (1877), S. 549. — [9] Erfahrungen mit Wassermessern. Ebenda S. 594, 758. — [10] Über Wassermesser. Dingl. polyt. Journ. 1877 — I, S. 442, 507; II, S. 137. — [11] Berkowitsch, Über Wassermesser. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Architektenvereins. 1877, S. 47. — [12] Salbach, B., Vierter Bericht über die mit Wassermessern verschiedener Konstruktion angestellten Versuche. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 21 (1878), S. 395. — [13] Der Wassermesser von Valentin. Ebenda S. 507. — [14] Aßmann, Zur Wassermesserfrage. Ebenda S. 511. — [15] Strohmayer, Amerikanische Wassermesser auf der Ausstellung in Philadelphia. Ebenda S. 16. — [16] Über die Eichungsfähigkeit der Wassermesser. Ebenda S. 509. — [17] Disselhoff, Versuche mit Wassermessern. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 22 (1879), S. 668. — [18] Bericht der städtischen Wasserwerke Berlin über Dauerversuche mit Wassermessern. Ebenda S. 695. — [19] Barton & Wests Wassermesser. Engng. 1879 — II, S. 121. — [20] Notizen über die Benutzung von Wassermessern. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 23 (1880), S. 367. — [21] Daveys Wassermesser. Engng. 1880 — II, S. 349. — [22] The Waste Water Meter System. Engng. 1880 — II, S. 576. — [23] Wassermesser System Frager. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1881, S. 16. — [24] Wassermesser von Deplechin & Mathelin. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1881, S. 163. — [25] Paris Standard Meters. Engng. 1881, S. 760. — [26] Water Meters, Taylor. Engng. 1882 — I, S. 106. — [27] Wassermesser System Germutz. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1882, S. 767. — [28] Helbing, Flüssigkeitsmesser. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1882, S. 270. — [28 a] Noack-Dollfuß, Wassermesserproben. Soc. Industr. Mülhausen. 1883, Brosch. — [29] Lindley, Distriktswassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1885, S. 49. — [30] Oesten, Über Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1885, S. 88. — [31] Parentys Gas- und Flüssigkeitsmesser. Gén. civ. Bd. 9 (1886), S. 19. — [32] Lamb, Taschenwassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1887, S. 1067. — [33] Siphonwassermesser Cowan. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1888, S. 1116. — [34] Wasserverlustmesser von Meinecke. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1889, S. 273. — [35] Strupler, Erfahrungen mit Wassermessern. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1890, S. 960. — [36] Thomson, Über Wassermesser. Engineering. Aug. 1891, S. 1338. — [37] Ehlert, Über eine Ursache des Zivilzeigens der Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1891, S. 48. — [38] Hillebrand, Unregelmäßigkeiten in der Registrierung von Wassermessern. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1891, S. 672. — [39] Der Wasserverlustanzeiger von Oesten. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1892, S. 937. — [40] Wassermessungen mittels Mundstücken. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 292. — [40 a] Ein neues Verfahren zur Wassermessung von E. Brauer, Karlsruhe. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1892, S. 1492. — [41] Ritter, M., Instruments nouveaux et procédés auxiliaires de jaugeage des eaux courantes. Ann. d. ponts et chauss. 1892 — I, S. 805. — [42] Der Venturi-Messer für Wasser und Gas. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1892, S. 97. — [43] Der Venturi-Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 12. — [44] Lux, Über Wassermessung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 42. — [45] Buske, Wassermesser und deren Bauart. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1893, S. 1206. — [46] Kent, G., The Water-Meter, its Difficulties, Types and Application. London 1893. — [47] Rautert, Naßläufer oder Trockenläufer. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 174. — [48] Lux, Über das Zuvielzeigen von Wassermessern und ein Mittel zur Verhütung desselben. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1894, S. 493. — [49] Venturi-Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1894, S. 131. — [50] Kent, Uniform flow high pressure water meter with a rotary elliptical piston. Engineer Bd. 79 (1895), S. 9. — [51] Iben, O., Scheibenwassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1895, S. 584. — [52] Hubbuch, F. A., Über Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1896, S. 759. — [53] Lindley, Bericht der Kommission über Wassermessernormalien. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1896, S. 699, 717, 733, 769, 784. — [54] Der Scheibenwassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1896, S. 567. — [55] Partialwassereichapparat des Wiener Stadtbauamts. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1896, S. 368. — [56] Sell, L., Die Wassermesser für Hausleitungen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 301, Heft 11—13; 302, Heft 1—4. — [57] Gyßling, Speisewassermesser f. Dampfkessel. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1897, S. 567. — [58] Gentilli, A., Der Venturi-Messer. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1897, S. 533. — [59] Blasche, H., Prüfung eines Scheibenwassermessers. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1897,

S. 759. — [60] Thiem, A., Der Woltmannsche Flügel als Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 260. — [61] Einfluß der Temperatur auf Wassermesser. Zeitschr. d. Bayerischen Dampfkesselrevisionsvereins. 1898, S. 55. — [62] Wassermesserprüfstation in Sommerville, Mass. Eng. Rec. 8. Okt. 1898. — [63] Wasservergeudung in Philadelphia. Ebenda 8. Okt. 1898. — [64] Zur Frage der Beseitigung des Einflusses von Druckschwankungen im Rohrnetze auf die Angaben der Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 382 ff. — [65] Bodener, G. R., Über Venturi-Wassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 746. — [66] Der Venturi-Wassermesser mit Zählwerk. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 565. — [67] Falkenroth, Über die Beeinflussung von Wassermessern durch Druckschwankungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 126. — [68] Wassermessernormalien. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 496. — [69] Hill, The accuracy and durability of water meters. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. Jan. 1899, S. 1. — [70] Bechmann, Distribution d'eau II (1899), S. 549, 550. — [71] Siemens & Halske, Wassermesser für städtische Wasserversorgungen und industrielle Anlagen. Licht und Kraft 1900, Nr. 49, S. 542; Nr. 50, S. 558. — [72] Eisner, W., Neuerungen an Umschaltventilen für Verbundwassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 675. — [73] Der Schönheydersche Kolbenwassermesser neuester Konstruktion. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 537. — [74] Rother, Über Fortschritte in der Verwendung Woltmannscher Flügel zur Wassermessung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 785. — [75] Oesten, Der Rotationswassermesser mit Regulierschütze, Bauart Siemens-Oesten. D.R.G.M. 19 964. — [76] Prentice, A water ontlet rate-of-flow gauge for testing fire-hydrants etc. Proc. Inst. Civ. Eng. Bd. 143 (1901), S. 281. — [77] Wasserverlustebestimmung mittels Distriktmessers. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 92. — [78] Prüfungsresultate von Wassermessern großer Durchflußweite. Eng. Record 13. Juli 1901, vgl. auch Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 956. — [79] Clemitt, Meter system of the water department of Baltimore. Md. Engin. News 1902, S. 355. — [80] Das Umschaltventil für Flügelradwassermesserverbindungen von Bucerius. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 61, 76. — [81] Meßapparate für große Wassermengen. Glückauf 1903, S. 580 ff. — [82] Zur Kritik der Turbinenwassermesser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 530. — [83] Die Systeme der Berechnung des Wassergeldes in den größeren Städten. Techn. Gemeindeblatt 1903, Nr. 5 u. 6. — [84] Einwirkung des Gebrauchs von Wassermessern auf den Wasserverbrauch. The Engineering Record 1903, S. 272. — [85] Über Flügelradwassermesser und den neuen Kugelwassermesser von Scotti u. Goll. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 547. — [86] Ablehnung der allgemeinen Einführung von Wassermessern in Leipzig. Ebenda 1904, S. 579. — [87] Das Wassergesetz in Ungarn. Ebenda 1904, S. 1066 u. 1905 S. 185. — [88] Wasserzuleitung für größeren Bedarf (mit Umschaltventil). Ebenda 1905, S. 744. — [89] Selbsttätiger Wassermengenmesser, System Henochsberg-Fueß für Überfälle. Ebenda 1906, S. 686. — [90] Venturi meters at Rio de Janeiro. Engineering, 22. Febr. 1907, S. 236. — [91] Die Einführung einer unmittelbaren Wasserversorgung und Umgestaltung des Regulativs der Stadtwasserkunst zu Hamburg. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 236. — [92] Wassermesser mit Vorausbezahlung (Automaten). Ebenda 1907, S. 288. — [93] Messen der Geschwindigkeit in Druckleitungen mit der Pitotschen Röhre. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1907, S. 103 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 313. — [94] Das Wernerwerk von Siemens & Halske mit besonderer Berücksichtigung der Wassermesserfabrikation. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 647. — [95] Graphischer Wassermesser. Dingl. polyt. Journ. 1908, S. 154.

Deutsche Reichspatente
für Wassermesser.

Nr. 189. Flügelradwassermesser mit Zählapparat. Valentin. — Nr. 217. Flüssigkeitsmesser mit Zählapparat. Goetges & Herlitschka. — Nr. 509. Zusatzpat. zu Nr. 217. Wassermesser. Goetges & Herlitschka. — Nr. 1010. Wassermesser. Loß. — Nr. 1039. Flüssigkeitsmesser. Briese. — Nr. 1076. Verbesserungen an Wassermessern. Deutsche Wasserwerksgesellschaft. — Nr. 1220. Kubizierender Wassermesser. Schäffer & Budenberg. — Nr. 1224. Magnetischer Wassermesser. Müller. — Nr. 1243. Flügelradwassermesser mit zwei Reguliervorrichtungen. Meinecke. — Nr. 1812. Anordnungen an Flüssigkeitsmessern mit Zählwerk. Goetges & Herlitschka. — Nr. 2063. Wassermesser. Buß, Sombart & Cie. — Nr. 2161. Wassermesser für den Hausgebrauch. Nitsche. — Nr. 2165. Wassermesser. Melling. — Nr. 2212. Flüssigkeitsmesser für den Hausgebrauch. Winkler. — Nr. 2411. Wassermesser. Ehlert. — Nr. 2734. Neuerungen an Flügelradwassermessern. Valentin. — Nr. 2868. Flügelradwassermesser. Spanner. — Nr. 2893. Zusatzpat. zu Nr. 2868. Flügelradwassermesser. Spanner. — Nr. 3004. Einrichtung von Wassermessern und Wassermotoren. Fischer. — Nr. 3006. Flügelradwassermesser. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 3010. Wassermesser. Tebay. — Nr. 3098. Wassermesser. Schäffer & Budenberg. — Nr. 3516. Kolbenwassermesser. Michel & Frager. — Nr. 4384. Wassermesser für den Hausgebrauch. Clement. — Nr. 4544. Zusatzpat. zu Nr. 3006.

Wassermesser. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 4864. Flüssigkeitsmesser. Clausolles & Meyer. — Nr. 4957. Wassermesser. Hempe. — Nr. 5477. Wassermesser. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 5565. Wassermesser. Einenkel. — Nr. 5741. Flüssigkeitsmesser. Müller. — Nr. 5804. Wassermesser. Slavik. — Nr. 5831. Wassermesser. Dorn. — Nr. 6227. Wassermesser mit regulierbarem Zählwerk. Kröger. — Nr. 6284. Wassermesser. Holdinghausen. — Nr. 6368. Gas- und Wassermesser. Haas; mit Zusatzpat. 6946. — Nr. 7527. Flüssigkeitsmesser. Desgardin & Legrand. — Nr. 7528. Neuerungen an Wassermessern. Barton. — Nr. 7953. Reaktionsradflüssigkeitsmesser mit veränderlichem Schaufeldurchgang. Lampert. — Nr. 7987. Flüssigkeitsmesser. Schneider. — Nr. 8313. Wassermesser. Schülke. — Nr. 8546. Flüssigkeitsmesser, zugleich als Motor dienend. Hutter. — Nr. 8750. Zusatzpat. zu Nr. 2165. Verbesserungen an einem Wassermesser. Melling. — Nr. 9169. Flügelradwassermesser. Stoll. — Nr. 9770. Zusatzpat. zu Nr. 7527. Verbesserungen an einem Flüssigkeitsmesser. Desgardin & Legrand. — Nr. 9809. Wassermesser. Kröger. — Nr. 10 101. Wassermesser. Kröger. — Nr. 10 171. Wassermesser. Fried & Oswald. — Nr. 10 666. Wassermesser (Kolbenmesser). Körber. — Nr. 10 667. Neuerungen an Wassermessern. Pickering. — Nr. 11 114. Wassermesser. Charles. — Nr. 12 006. Wassermesser (Turbine). Ducenne. — Nr. 12 356. Zusatzpat. zu Nr. 7987. Flüssigkeitsmesser. Schneider. — Nr. 12 358. Flügelradwassermesser. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 15 137. Kolbenwassermesser. Tylor. — Nr. 15 142. Zusatzpat. zu Nr. 12 006. Neuerungen an einem Wassermesser. Ducenne. — Nr. 15 285. Kolbenwassermesser und Motor. Dennert & Lind. — Nr. 15 390. Wassermesser mit automatischer Regulierung. Fargas. — Nr. 15 533. Wassermesser. Germutz. — Nr. 15 537. Kolbenwassermesser. Langlois. — Nr. 16 666. Wasserverlustanzeiger. Oesten. — Nr. 17 285. Flügelradwassermesser. Zusatzpat. zu Nr. 1243. Meinecke. — Nr. 18 026. Zylinderwassermesser mit Wippensteuerung. Weise & Paul. — Nr. 18 343. Wassermesser. Slavik. — Nr. 18 610. Neuerungen an Wassermessern. Stoll. — Nr. 18 614. Neuerungen an Flüssigkeitsmessern. Helbing. — Nr. 18 624. Wassermesser. Oldenbourg. — Nr. 18 975. Zusatzpat. zu Nr. 12 358. Wassermesser. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 20 219. Kolbenwassermesser. Jacquet. — Nr. 20 300. Volumenmesser für Flüssigkeiten. Brandt. — Nr. 21 111. Automatischer Flüssigkeitsmesser. Munnem. — Nr. 21 231. Zusatzpat. Nr. 20 300. Neuerungen an einem Volumenmesser. Brandt. — Nr. 21 800. Flüssigkeitsmesser. Sinson, St. Albin. — Nr. 22 496. Neuerungen an Niederdruckmessern für Flüssigkeiten. Breslauer. — Nr. 22 497. Selbstregistrierender Flüssigkeits-Meß- und Kontrollapparat. Raßmus. — Nr. 22 607. Neuerung an Wassermessern. Schneiderhöhn. — Nr. 23 038. Wassermesser (Kapselwerk). Stawitz. — Nr. 23 362. Kolbenwassermesser. Eggers & Kernaul. — Nr. 25 622. Neuerungen an Wassermessern und Zählvorrichtungen. Thomson. — Nr. 25 686. Neuerungen an (Kolben-)Wassermessern. Frager. — Nr. 26 715. Wassermesser. Hesse. — Nr. 26 837. Zählwerk für Wassermesser. Schreiber. — Nr. 27 593. Neuerung an Flüssigkeitsmessern. Frost. — Nr. 28 260. Neuerungen an Wassermessern. Leh & Gangenbach. — Nr. 28 405. Wassermesser. Berthon & Debenoit. — Nr. 28 499. 1. Zusatzpatent zu Nr. 22 496. Neuerungen an Niederdruckmessern für Flüssigkeiten. Breslauer. — Nr. 29 520, 29 521, 29 522, 29 523. Kapselwerkwassermesser. National-Meter-Co. — Nr. 30 293. Neuerung an Apparaten zur Kontrolle und Messung des Durchlaufs von Flüssigkeiten. Hill. — Nr. 30 353. Rotierender Wassermesser mit zusammenklappbaren Zellenwänden. — Nr. 30 710. Flüssigkeitsmesser. Samain. — Nr. 31 181. Wassermesser mit abwechselnd rotierender und geradliniger Kolbenbewegung. Dißton. — Nr. 31 633. Apparat zum Messen oder Zählen von Flüssigkeiten oder Gasen. Bonna. — Nr. 31 636. Zusatzpat. zu Nr. 31 633. Apparat zum Messen oder Zählen von Flüssigkeiten oder Gasen. Bonna. — Nr. 31 996. Kontrollapparat für Hauswasserleitungen. Schneider. — Nr. 32 019. Zusatzpat. zu Nr. 28 405. Neuerung an Wassermessern. Berthon & Debenoit. — Nr. 32 918. Wassermesser. Ketterer. — Nr. 33 115. Wassermesser. Oeser. — Nr. 34 340. Apparat zum selbsttätigen Festsetzen der Grenze für die Entnahme von Flüssigkeiten aus Leitungen. Kaiser. — Nr. 34 899. Wassermesseranlage für Hauswasserleitungen. Heicke. — Nr. 35 152. Wassermesser. Tuerk. — Nr. 35 182. Wassermesser. Gruis. — Nr. 37 837. Kapselwerkwassermesser. National-Meter-Co. — Nr. 37 865. Einrichtung zum Regulieren von Wassermessern. National-Meter-Co. — Nr. 38 020. Wassermesser. Bonna. — Nr. 39 846. Wassermesser. Fulda. — Nr. 40 502. Zusatzpat. zu Nr. 38 020. Wassermesser. Bonna. — Nr. 41 017. Flügelradwassermesser. Stawitz. — Nr. 41 411. Kolbenwassermesser. Schmid. — Nr. 41 606. Neuerungen an Flügelradmessern. Wolff. — Nr. 42 039. Wassermesser. Tuerk. — Nr. 42 419. Wassermesser. (Scheibenwassermesser) Thomson. — Nr. 43 692. Flüssigkeitsmesser, als Betriebsmaschine einrichtbar. Schönheyder. — Nr. 44 196. Ventilsteuerung für Diaphragmawassermesser. Drighens. — Nr. 44 210. Neuerungen an Flügelradwassermessern. Meinecke. — Nr. 44 651. Wassermesser für Anschlußleitungen. Scheidemandel. — Nr. 44 739. Flüssigkeitsmesser mit gleichzeitigem Zufluß nach beiden Seiten des Kolbens bei einseitigem Abfluß. Kaiser. — Nr. 44 987. Ringkanalwassermesser. Abegg. — Nr. 45 365. Wassermesser.

Teidemann. — Nr. 46 443. Elektrisch betätigte Anzeigevorrichtung an Wassermessern. Meinecke. — Nr. 47 030. Flügelradwassermesser. Lux. — Nr. 47 750. Apparat zur Bestimmung der sekundlich durch eine Röhre fließenden Wassermenge. Herschel. — Nr. 48 432. Selbsttätiges Regulierwerk für Wassermesser. Sporton. — Nr. 48 499. Selbsttätige Umsteuerung für (Kolben-) Wassermesser. Kaiser. — Nr. 49 450. Kolbenwassermesser mit Wasserdrucksteuerung. Gutzkow. — Nr. 50 676. Wassermesser ohne bewegte Teile. Rümann. — Nr. 51 767. Reguliervorrichtung an Wassermessern. Meinecke. — Nr. 52 210. Zähl- und Verlustanzeigewerk für Flüssigkeitsmesser. Köhler. — Nr. 52 250. Elektrischer Flüssigkeitsstandanzeiger. Tschira. — Nr. 54 073. Flüssigkeitsmesser. Sträter & Cordes. — Nr. 54 329. Flüssigkeitsmesser. Lühne. — Nr. 54 592. Wassermesserschutzventil. Guilleaume. — Nr. 55 250. Flüssigkeitsmesser mit geteilten Flüssigkeitsströmen. Sporton & White. — Nr. 56 091. Kolbenflüssigkeitsmesser. Pastorc. — Nr. 56 465. Kolbenwassermesser. Lacoste. — Nr. 56 658. Vorrichtung zum selbsttätigen Abmessen von größeren Flüssigkeitsmengen. Pölcke. — Nr. 56 745. Scheibenwassermesser. Thomson. — Nr. 57 577. Vorrichtung zum selbsttätigen Messen von Flüssigkeiten. Berent. — Nr. 59 724. Flüssigkeitsmesser mit elastischer Scheidewand. Gurd. — Nr. 60 822. Selbsttätiges Umsteuerungsventil für Kolbenflüssigkeitsmesser. Neuhaus & Co. — Nr. 61 701. Flügelradwassermesser. Sigl. — Nr. 61 759. Flüssigkeitsmesser mit hebelartig schwingender Membrane. Neuhaus. — Nr. 62 678. Flüssigkeitsmesser. Reuther & Reisert. — Nr. 63 541. Flüssigkeitsmesser mit schwingendem Meßzylinder. Rogers. — Nr. 63 928. Scheibenwassermesser. Thomson. — Nr. 64 095. Einrichtung an Wassermessern zur Verringerung der Rotationsgeschwindigkeit des Flügelrades. Valentin. — Nr. 64 168. Kolbenflüssigkeitsmesser. Blein & Berand, Lyon. — Nr. 64 700. Schwimmermeßvorrichtung für Flüssigkeiten. Spiro. — Nr. 65 868. Membranflüssigkeitsmesser. Koch, Bantelmann & Paasch. — Nr. 66 715. Stauflügel an Flügelradwassermessern. Schinzel. — Nr. 66 773. Differentialgetriebe bei Wassermessern mit Kapselrädern. Guillaume. — Nr. 66 965. Kolbenflüssigkeitsmesser. Holt. — Nr. 68 391. Reguliervorrichtung für Wassermesser. Sigl. — Nr. 68 656. Wassermesser. Esser. — Nr. 68 923. Reaktionsradwassermesser. Rostagnat. — Nr. 69 024. Vermeidung falscher Angaben durch den Wassermesser. Liebenow. — Nr. 69 302. Kolbenwassermesser. Bagge. — Nr. 69 831. Kapselradwassermesser. Rotert. — Nr. 70 182. Kolbenwassermesser. Krazewski. — Nr. 70 604. Zusatzpat. zu Nr. 69 024. Einrichtungen für Wasserleitungen zur Vermeidung falscher Angaben durch die Wassermesser. Liebenow. — Nr. 70 744. Kolbenwassermesser. Blein & Berand. — Nr. 71 551. Kolbenwassermesser. Mathieu. — Nr. 71 593. Hahnsteuerung für Kolbenwassermesser. Derichs. — Nr. 71 660. Zusatzpat. zu Nr. 62 678. Selbsttätiger Wassermesser. Reuther & Reisert. — Nr. 74 621. Ringschütze für Flügelradwassermesser. Stoll. — Nr. 75 325. Durchflußregler für Proportionalwassermesser. Thomson. — Nr. 76 465. Reguliervorrichtung für Flügelradwassermesser. Reuther. — Nr. 77 206. Stauvorrichtung für Flügelradwassermesser. Bernhardt. — Nr. 77 288. Wassermeßapparat mit Blasebalg und Kippwerk. Oury & Gautier. — Nr. 77 398. Ventilanordnung an kombinierten Flüssigkeitsmessern. Thiem. — Nr. 78 371. Steuerung für Kolbenwassermesser. Kennedy. — Nr. 78 689. Stell- und Auslaßvorrichtung für Wassermesser. Ketterer. — Nr. 78 963. Verteilungs- und Steuervorrichtung für einen Membranwassermesser. Bel. — Nr. 79 348. Regelungsvorrichtung für Flügelradwassermesser. Dreyer, Rosenkranz & Droop. — Nr. 79 397. Verstellbare zweiteilige Flügelradwelle für Wassermesser. Meinecke. — Nr. 79 501. Wassermesser. Jensen. — Nr. 79 895. Wassermesser. Margosoff. — Nr. 79 900. Flügelradwassermesser. Gebers. — Nr. 80 164. Kolbenwassermesser. Schubert. — Nr. 81 198. Wassermesser mit Differentialkolben. Paccaud & Coppet. — Nr. 81 462. Einströmungsregulator für Flügelradwassermesser. Deutsche Wasserwerksgesellschaft Höchst. — Nr. 81 707. Scheibenwassermesser. Thomson. — Nr. 82 327. Wassermesser mit Flügelrad. Bopp & Reuther. — Nr. 82 929. Wassermesser, bei welchem das Wasser des Reaktionsrades sich gleichbleibende Geschwindigkeit erhält. Duch. — Nr. 82 940. Zusatzpat. zu Nr. 79 501. Wassermesser. Jensen. — Nr. 83 282. Kolbenwassermesser. Bagge. — Nr. 83 598. Einstellvorrichtung für Flügelradwassermesser. Hubbuch. — Nr. 84 486. Kolbenwassermesser. Vandersteen. — Nr. 84 642. Radwassermesser. Smith. — Nr. 84 725. Kolbenwassermesser. Mannheimer Gummi-, Guttapercha- und Asbestfabrik. — Nr. 86 190. Scheibenwassermesser. Nash. — Nr. 86 442. Wassermesser mit Doppelturbine. Biermann. — Nr. 87 647. Venturi-Messer mit Anzeigevorrichtung. Connet & Jackson. — Nr. 88 511. Wassermesser mit Bestimmung der Durchflußmenge aus der Durchflußzeit. Cario. — Nr. 88 679. Einstellvorrichtung für Flügelradwassermesser. Joseph. — Nr. 88 837. Kontrollvorrichtung für das Liebenowsche Ventil. Mann. — Nr. 89 076. Wassermesser mit Kipprinne. Mayer. — Nr. 89 077. Flügelradwassermesser mit Rückregistrierung. Andrae. — Nr. 89 426. Ventilanordnung mit wechselnder Belastung an kombinierten Flüssigkeitsmessern. Meinecke. — Nr. 90 457. Kolbenwassermesser mit zwei Meßzylindern und rotierendem Steuerhahn. Hillenbrand. — Nr. 90 589. Stoßventil zur Verhinderung des falschen Anzeigens der Wassermesser. Schlender. — Nr. 90 895. Vorrichtung zum selbst-

tätigen Abfluß einer bestimmten Flüssigkeitsmenge in regelmäßigen Zwischenräumen. Stahl. — Nr. 91 107. Umsteuerungsvorrichtung an Kennedy-Wassermessern. Derichs. — Nr. 91 872. Anzeiger des Überschreitens einer bestimmten Zeit der Wasserentnahme und zur gleichzeitigen Kontrolle der Angaben des Wassermessers. Berg. — Nr. 92 118. Scheibenwassermesser. Tilden. — Nr. 92 501. Scheibenwassermesser. Tilden. — Nr. 92 629. Wassermesser. Kommerell. — Nr. 92 630. Verteilungsventil für Verbundflügelradwassermesser. Lux. — Nr. 92 631. Verteilungsventil für kombinierte Wassermesser. Lux. — Nr. 92 968. Scheibenwassermesser mit Schutzvorrichtungen gegen Frostschäden. Meinecke. — Nr. 94 035. Kolbenwassermesser. Fowler. — Nr. 94 575. Stellvorrichtung an Scheibenwassermessern. Meinecke. — Nr. 94 697. Scheibenwassermesser. Tilden. — Nr. 94 865. Vorrichtung zur selbsttätigen Abgabe von Flüssigkeiten nacheinander aus zwei oder mehreren Behältern. Cameron, Commin & Martin. — Nr. 95 566. Zusatzpat. zu Nr. 92 968. Schutzvorrichtung gegen Frostschaden. Meinecke. — Nr. 95 977. Zusatzpat. zu Nr. 92 968. Scheibenwassermesser mit Schutzvorrichtung gegen Frostschaden. Meinecke. — Nr. 96 065. Einstellvorrichtung für Flügelradwassermesser. Bopp & Reuther. — Nr. 96 934. Flügelradwassermesser mit als Sicherheitsrückschlagventil ausgebildetem, selbsttätig wirkendem Drosselschieber. Siemens & Halske. — Nr. 97 613. Wassermesser für Dampfkesselspeiser. Reisert. — Nr. 97 729. Flüssigkeitsmesser mit Steuerung durch zwei Schwimmer. Bohlecke. — Nr. 97 794. Flüssigkeitsmesser mit zwei sich abwechselnd füllenden Behältern. Erhart & Schmidt. — Nr. 98 251. Scheibenwassermesser mit Führung für die Scheibenspindel. Thomson. — Nr. 98 573. Kolbenwassermesser. Schreiber. — Nr. 99 724. Flügelradwassermesser. Ringier. — Nr. 99 848. Vorrichtung zum selbsttätigen Entleeren von Flüssigkeitsmessern nach Abschluß des Zulaufs. Hallbergh. — Nr. 100 047. Hahnsteurung für Membranwassermesser. Sommer. — Nr. 100 592. Neuerung an Wassermessern mit Doppelturbine. Mumm & Zaum. — Nr. 100 677. Wassermesser mit Vorrichtung zur Vermeidung einseitigen Antriebs und des Laufens des Flügelrades im Totwasser. Andrae. — Nr. 100 750. Kolbenwassermesser. Dobbs. — Nr. 100 834. Scheibenwassermesser mit federnden Gehäuseteilen. Thomson. — Nr. 101 013. Flüssigkeitsmesser. Tauffenecker. — Nr. 101 985. Scheibenbefestigung bei Scheibenwassermessern. Thomson. — Nr. 102 057. Vorrichtung zur Absonderung von Fremdkörpern bei Scheibenwassermessern. Keim. — Nr. 102 343. Vorrichtung für Wasserleitungen zum Anzeigen des Überschreitens einer bestimmten Zeit der Wasserentnahme und zur gleichzeitigen Kontrolle der Angaben des Wassermessers. Siemens & Halske. — Nr. 102 594. Einrichtung zur Übertragung der Scheibenbewegung bei Scheibenwassermessern. Thomson. — Nr. 102 595. Einrichtung zur gleichmäßigen Verteilung der Scheibenwirkung bei Scheibenwassermessern. Thomson. — Nr. 103 348. Wassermesser. Reichling. — Nr. 103 787. Scheibenlager bei Scheibenwassermessern. Thomson. — Nr. 103 788. Vorrichtung zum selbsttätigen genauen Abmessen von Flüssigkeiten. Kayling & Thomas. — Nr. 104 023. Flügelradwassermesser mit wellenförmiger Gehäusezwischenwand zur Entlastung der Flügelradwelle von seitlichem Druck. Groß & Graf. — Nr. 104 152. Wassermesser mit elastischem Regulierband. Heimann. — Nr. 104 603. Flüssigkeitsmesser und Saugheber. Behrens. — Nr. 105 079. Umschaltungsventil für Wassermesserverbindungen. Eisner. — Nr. 105 158. Reguliervorrichtung für Wassermesser, bestehend in einer beweglichen sonst bei Wassermessern als fest bekannten Düse. Kölner Wassermesserwerk. — Nr. 105 289. Flüssigkeitsmesser. Arndt. — Nr. 106 085. Wassermesser mit sich drehenden Kammern. Reisert. — Nr. 106 522/24. Zusatzpat. zu Nr. 94 865. Vorrichtung zur selbsttätigen Abgabe von Flüssigkeiten. Cameron, Commin & Martin. — Nr. 107 340. Partialflüssigkeitsmesser. Wehner. — Nr. 107 592. Reguliervorrichtung für Flügelradwassermesser. Fleischer. — Nr. 108 200. Wassermesser mit Welle, welche zu gleicher Zeit die Steuerung enthält. Reuther. — Nr. 108 482. Wassermesser mit Regelungsvorrichtungen für die Meßscheibe. Keim. — Nr. 109 447. Wassermesser. Braun. — Nr. 109 781. Durch Frost nicht zerstörbarer Flügelradwassermesser. Goltstein. — Nr. 109 896. Flügelradwassermesser mit schraubenförmiger Wasserführung. Lux. — Nr. 109 934. Justiervorrichtung für Flügelradwassermesser. May. — Nr. 110 100. Umschaltungsventil für Wassermesserverbindungen. Eisner. — Nr. 110 101. Zusatzpat. zu 107 592. Reguliervorrichtung für Flügelradwassermesser. Fleischer. — Nr. 110 237. Umschaltventil für Wassermesserverbindungen. Eisner. — Nr. 110 865. Flügelradwassermesser. Ducenne. — Nr. 110 969. Meßkammerbalg für trockene Gas- und für Flüssigkeitsmesser. Jensen. — Nr. 111 118. Wassermesser mit magnetischem Antrieb. Braun. — Nr. 111 366. Zusatzpat. zu Nr. 110 969. Meßkammerbalg für trockene Gas- und für Flüssigkeitsmesser. Jensen. — Nr. 111 600. Flügelradmesser. Lühne. — Nr. 111 712. Flügelradwassermesser. Braun. — Nr. 112 071. Geschwindigkeitswassermesser. Eisner. — Nr. 112 426. Zusatzpat. zu Nr. 97 613. Wassermesser für Dampfkesselspeiser. Reisert. — Nr. 113 231. Umschaltungsventil für Verbindungen größerer und kleinerer Flüssigkeitsmesser. — D.R.G.M. Nr. 113 238. Wassermesser mit Vor- und Rückwärtsregistrierung. Bopp & Reuther. — Nr. 113 407. Kapselwassermesser. Nash. — Nr. 116 572. Flügelradwassermesser. Siemens & Halske. — Nr. 116 929. Wassermesser für verschiedene Stromrichtungen. Lux. — Nr. 116 930.

Regelungsvorrichtung für Flügelradwassermesser. Siemens & Halske. — Nr. 117 384. Kapselwassermesser. Nash. — Nr. 117 608. Verbundwassermesser. Scherrer. — Nr. 118 619. Wassermesser. Scharfberg. — Nr. 120 034. Kolbenwassermesser. Volkmann. — Nr. 120 152. Vorrichtung zum Abdichten der Achsenlager bei Wassermessern. Bubeck. — Nr. 120 666. Reguliervorrichtung an Scheibenwassermessern. Siemens & Halske. — Nr. 120 747. Einrichtung zur Verbindung von Flüssigkeitsmessern mit dem sie umgebenden Schutzgehäuse. Estill. — Nr. 120 791. Regelungsvorrichtung für Geschwindigkeitswassermesser. Breslauer Wassermesser- und Eisenbauwerke. — Nr. 121 140. Scheibenwassermesser. Siemens & Halske. — Nr. 121 141. Zusatzpat. zu Nr. 77 398 (Thiem). Ventilanordnung an kombinierten Flüssigkeitsmessern. Siemens & Halske. — Nr. 121 963. Zusatzpat. zu Nr. 110 100. Umschaltungsventil für Wassermesserverbindungen. Eisner. — Nr. 124 078. Zusatzpat. zu Nr. 100 834. Vorrichtung zur federnden Befestigung der Gehäuseteile bei Wassermessern. Thomson. — Nr. 124 079. Umschaltventil für Wassermesserverbindungen. Andrae. — Nr. 124 282. Flügelradwassermesser. Malmendier. — Nr. 126 031. Flüssigkeitsmesser. Pedrazzini. — Nr. 127 849. Flüssigkeitsmesser. Deutsch-Amerikanische Petroleumgesellschaft. — Nr. 128 590. Selbstmessende Wasserzuführungsvorrichtung. Friedländer & Praskier. — Nr. 131 557. Einstellvorrichtung für die Ringschütze von Wassermessern. Patrick. — Nr. 132 305. Kolbenflüssigkeitsmesser. J. M. Duchamp. — Nr. 133 224. Flüssigkeitsmesser (Wasserrad). Recknagel. — Nr. 133 692. Kolbenwassermesser. Frost. — Nr. 133 693. Maximalanzeiger der Beanspruchung für Wasserleitungen. Lux. — Nr. 134 504. Umschaltventil für Wassermesserverbindungen. Bucerius. — Nr. 135 184. Reguliervorrichtung an Wassermessern. Braun. — Nr. 135 187. Kolbenwassermesser mit vier Meßzylindern. Kent. — Nr. 135 188. Wassermesser mit schwingender Scheibe. Samain. — Nr. 135 189. Flügelradwassermesser. Bouchet. — Nr. 135 190. Umschaltventil für Wassermesserverbindungen. Schlender. — Nr. 135 645. Kolbenwassermesser mit festem Kolben und beweglichem Zylinder. Druart. — Nr. 136 815. Wasserverlustmesser für Rohrleitungen. Bucerius. — Nr. 137 721. Zusatzpat. zu Nr. 135 190. Umschaltventil. Schlender. — Nr. 137 864. Kolbenwassermesser. Duncan. — Nr. 138 111. Selbstregistrierender Apparat zur Bestimmung der gesamten Wassermenge in einer Rohrleitung. v. Kend. — Nr. 139 524. Wassermesser mit festem Meßraum. Bolzer. — Nr. 140 388. Kolbenwassermesser. Anderson. — Nr. 141 577. Elektrischer Registrierapparat für Wassermengen. Hertslet. — Nr. 141 940. Umschaltventil für Wassermesserverbindungen. Kleemann. — Nr. 144 190. Kolbenwassermesser. Kirchner. — Nr. 145 929. Umschaltvorrichtung für Wassermesserverbindungen. Bucerius. — Nr. 145 930. Steuerung für Kolbenwassermesser. Kennedy. — Nr. 146 013. Turbinenwassermesser. Braun. — Nr. 146 602. Vorrichtung zur Verhinderung unrechtmäßiger Handhabung von Hähnen mit Zählwerk. Kogej. — Nr. 147 919. Flügelradmesser mit peripherischem Ein- und Auslaufkanal. Breslauer Metallgießerei. — Nr. 147 920. Kontrollapparat für den Durchfluß bei Rohrleitungen. Schlinker. — Nr. 148 755. Ventilanordnung an kombinierten Wassermessern. Siemens & Halske. — Nr. 151 388. Vorrichtung an Wassermessern zum Aufziehen des Uhrwerkes bei Handhabung der Hähne. Georges. — Nr. 151 389. Wassermesser. Hendreich. — Nr. 152 347. Einrichtung zur Erhöhung der Empfindlichkeit von Turbinenwassermessern. Germutz. — Nr. 152 637. Schiebersteuerung für Kolbenwassermesser, Samain. — Nr. 153 066 und Nr. 154 697. Elektrische Registriervorrichtung bei Pumpenfördermengen. The Liquid Regist. Syndicate London. — Nr. 155 870. Kugelwassermesser. Scotti & Goll. — Nr. 155 871. Flügelradwassermesser. Zusatzpatent zu Nr. 147 919. Breslauer Metallgießerei. — Nr. 156 137. Regelungsvorrichtung für Flügelradwassermesser. Pipersberg. — Nr. 156 255. Flüssigkeitsmesser mit Kapselrad. Müller. — Nr. 156 414. Selbsttätiger Flüssigkeitsmesser. Gallo. — Nr. 156 840. Divisionswassermesser. Pittsburg Meter Compagny. — Nr. 157 583. Flügelradwassermesser. Bielefeld. — Nr. 157 643. Flüssigkeitsmesser. Liebau. — Nr. 158 201. Zusatzpat. zu Nr. 105 289. Flüssigkeitsmesser. Arndt. — Nr. 159 771. Zifferblatt für Naßläuferwassermesser. Meinecke. — Nr. 159 951. Meßhahn mit Flüssigkeitswassermesser. Wegener. — Nr. 159 952. Flügelwassermesser mit schraubenförmig versetzten Flügeln. Engelfried. — Nr. 160 844. Regulierungsvorrichtung für Flüssigkeitswassermesser. David. — Nr. 163 062. Kolbenwassermesser. Philippe. — Nr. 163 191. Zifferblatt für Naßläuferwassermesser. Breslauer Metallgießerei. — Nr. 163 671. Zusatzpat. zu Nr. 105 289. Flüssigkeitsmesser. Arndt. — Nr. 163 672. Schlammbehältersieb für Wassermesser. Siemens & Halske. — Nr. 163 674. Flügelradwassermesser. Lezgus. — Nr. 163 677. Flüssigkeitsmesser mit Druckausgleich zwischen Meßraum und Zählwerksraum. Angstmann. — Nr. 163 678. Registriervorrichtung für Pumpenförderungen. Glatz. — Nr. 163 679. Flüssigkeitsmesser mit Membrankolben. Apparatebauanstalt Ludwigsburg. — Nr. 167 966. Flüssigkeitsmesser mit Woltmannflügeln. Breslauer Metallgießerei. — Nr. 173 887. Wassermesser mit Woltmannschen Flügeln. Siemens & Halske. — Nr. 174 403. Kolbenflüssigkeitsmesser mit im Kolben spielendem Kolbenschieber. Fritsch. — Nr. 175 495. Kolbenflüssigkeitsmesser mit gekuppelten Ein- und Auslaßventilen. Zickendraht. — Nr. 176 066. Wassermesser mit geraden,

einstellbaren Staurippen. Ketterer. — Nr. 176 282. Wassermesserverbindung mit besonderem Ventil vor dem kleinen und vor dem großen Wassermesser. Meinecke. — Nr. 179 795. Wassermesser mit unterhalb des Flügelrades angeordneten Regelkanälen. Hillenbrand. — Nr. 179 796. Eisernes Wassermessergehäuse mit innerem Rostschutzüberzug. Siemens & Halske. — Nr. 179 926. Kolbenwassermesser mit Verteilungsgefäß. Meyer. — Nr. 180 048. Wassermesser mit magnetischem Antrieb des Zeigerwerks. Volz u. Schroth. — Nr. 180 747. Reguliervorrichtung für Wassermesser. Siemens. — Nr. 180 802. Flüssigkeitsmesser mit Kippgefäß. Jeenicke. — Nr. 181 070. Reguliervorrichtung für Wassermesser. Stern. — Nr. 182 584. Zählwerk für Wassermesser. Krüger & Wittfeld. — Nr. 185 059. Flügelradflüssigkeitsmesser mit Durchflußregelung durch die Fliehkraft von Kugeln. Krause.

B. Filtermeßvorrichtungen.

Die sogenannten Filtermeßvorrichtungen sind Apparate zur Messung des von den Filtern kommenden Filtrates und unterscheiden sich von den eigentlichen Wassermessern hauptsächlich dadurch, daß sie nicht die im ganzen durchgeflossene Wassermenge registrieren, sondern die sekundlich durchfließende aufmessen oder zählen sollen, da nach deren Kenntnis die Beanspruchung der Filterfläche auf Durchlaßfähigkeit beurteilt und geregelt wird. Die hierbei auftretenden Wassermengen sind in der Regel viel größer als jene, die durch gewöhnliche Wassermesser fließen; deshalb eignen sich für die Messung auch am besten die einfachen Überfälle, überhaupt solche Einrichtungen, die ohne oder mit leicht beweglichen Teilen arbeiten und welche Tag und Nacht, oft monatelang, ohne jede Unterbrechung in Tätigkeit sein können ohne zu Störungen oder Reparaturen Anlaß zu geben. Von allen im vorhergehenden beschriebenen Wassermessern erscheinen deshalb der Deacon-Messer (Fig. 544) und der Venturi-Messer (Fig. 545) am besten verwendbar. Die oben genannten Vorrichtungen: Überfälle und Wassermesser sind im allgemeinen bereits besprochen worden. Wir stellen uns deshalb im weiteren mehr die Aufgabe, im Zusammenhange mit den besonderen, bei der Wasserfiltration auftretenden Nebenumständen die Tauglichkeit und den Gebrauch der Einrichtungen sowie ihre Eichung und Wirkung auf den Filtrationsbetrieb zu erörtern, so daß das Folgende gewissermaßen eine Ergänzung zu dem in Abt. I, § 38 Gesagten bildet. Eingehenderes über den Filterbetrieb selbst ist für Abschnitt VII vorbehalten.

1. Einfache Überfallmeßvorrichtungen. Die in Abt. I, § 11 gegebenen allgemeinen Erläuterungen zu Quantitätsmessungen werden als bekannt vorausgesetzt. Ohne weiteres ist klar, daß die Überfallmessungen schon wegen der zur Berechnung der Wassermengen anzuwendenden empirischen Koeffizienten für ganz exakte Bestimmungen, insbesondere bei kleineren überfließenden Wassermengen, nicht zuverlässig genug sind. Je breiter der Überfall, umso größer ist sodann der Einfluß der kleinsten Änderung an der Überfallhöhe. Die Ablesung der letzteren an Pegeln, deren Zeiger an Schwimmvorrichtungen befestigt sind, ist unvermeidlich mit Beobachtungsfehlern behaftet; es ist also diese Messungsmethode hinsichtlich Genauigkeit auch in hohem Grade abhängig von der Präzision, mit welcher die Beobachtung erfolgt, so daß 2 Fehlerquellen: die Unsicherheit der Koeffizienten und die Abhängigkeit von der vorgenommenen Ablesung sich kombinieren. Daneben besteht allerdings der Vorteil, daß durch entsprechende Wahl der Überfallbreite nur ein geringes Gefälle für den Betrieb der Anlage erforderlich ist.

In Fig. 596 ist die bei den Hamburger Wasserwerken gebräuchliche Überfalleinrichtung an den dortigen Filtern [3] dargestellt. Aus dem Filter fließt das gereinigte Wasser durch die Sammelröhre in der Pfeilrichtung nach der Meßkammer, in welcher die Überfalleinrichtung mit den zugehörigen Pegeln und Skalen eingebaut ist. Sämtliche dargestellten Einrichtungen sind in der Figur nur schematisch angegeben, um den Meßvorgang deutlicher zu veranschaulichen. Die Meßkammer I entleert mittels der Überfalleinrichtung das Filtrat in eine Kammer II, aus welcher letzteres durch einen Kanal in die Reinwasserkammer III gelangt. Statt des Kanals in

der Zwischenwand zwischen II und III kann ebensogut eine Rohrleitung mit Absperrschieber eingebaut werden, welche das Filtrat an entlegene Reinwasserbehälter leitet. Die Überfalleinrichtung der Kammer I besteht aus einem festgelagerten gußeisernen Rahmen, der auf der Trennungsmauer zwischen Kammer I und II wasserdicht auf drei Seiten abschließt; die obere Seite des Rahmens trägt einen Ständer, in dem ein Handrad H drehbar gelagert ist, das sich jedoch weder auf noch ab verschieben läßt. Bei seiner Drehung wird nur eine Schraubenspindel S je nach der Drehrichtung hochgezogen oder abgelassen und damit ein senkrecht gleitender Schieber S_1, der den eigentlichen Überfall bildet, im gleichen Sinne bewegt. Wird der Schieber so hoch heraufgezogen, daß seine Überfallkante mit dem Filtratspiegel eben wird, so hört der Überlauf des Filtrats auf, vorausgesetzt, daß der Schieber auf dem Rahmen dicht gleitet, was bei einigermaßen sauberer Bearbeitung der gleitenden Flächen in befriedigender Weise erreicht werden kann. Einen absolut dichten Abschluß kann man übrigens mit derlei Überfallschützen nicht erzielen; er ist auch nicht unbedingt nötig, da die Vorrichtung keine Absperrung, sondern eine Regulierung der Filtratmenge bezweckt. Will man möglichst konstant bleibende abdichtende Flächen haben, so müssen die aufeinander gleitenden Teile des Schiebers aus Bronze gefertigt werden. Der Schieber S_1 hat einen konsolartigen Arm C, der in die Kammer I hineinragt und am äußersten Ende eine Stange mit Skala F trägt. Diese Skala macht demnach die auf- und abgehenden Bewegungen des Schiebers S_1 mit; sie dient zur direkten Ablesung der Filtergeschwindigkeit, bezw. der Filtratmenge, welche auf empirischem Wege ermittelt werden muß und welche abhängig ist von der jeweiligen Überfallhöhe h. Diese Überfallhöhe wird mittels des Schwimmers in der Kammer I durch einen auf seiner Stange befindlichen Zeiger, der an der Skala F vorbeigleitet, sichtbar gemacht. Wird der Schieber S_1 mittels des Handrads H bis auf die Höhe des Filtratspiegels emporgezogen, so steigt auch die Skala F in die Höhe und der Zeiger stellt sich auf deren tiefste Stelle, den Nullpunkt, ein. Wie bereits erwähnt, fließt in diesem Zustande kein Filtrat über. In dem Maße als die Schütze S_1 abwärts geschoben wird, vermehrt sich die überfließende Filtratmenge, die bei der Bestimmung der Skala F (entweder durch Ablassen einer bestimmten, im Filter zu messenden Rohwassermenge oder besser durch Einlassen einer gewissen Filtratmenge in eine der Kammern II oder III, deren Kubikinhalte von Zentimeter zu Zentimeter Höhe mit jeder gewünschten Genauigkeit erhoben werden können) je in einer durch Beobachtung bekannten Zeit den Überfall passiert. Außer der Skala F befindet sich in der Filtratkammer noch eine zweite Skala D, welche durch Vermittlung eines zweiten Schwimmers im Filter den Rohwasserstand kenntlich macht und durch welche die Höhendifferenz des Rohwasserspiegels und des Filtratspiegels, d. h. der Filterdruck, jeweils bestimmt werden kann. Stellen sich z. B. sowohl Rohwasser als auch Filtrat auf ihren höchsten Stand ein, der in Fig. 596 durch die punktierte Horizontale angegeben ist, so zeigt der Zeiger auf der Skala D Null. Gleichzeitig kann an einer festen Skala O an der Wand der absolute Stand des Oberwassers (Rohwassers) in der Regel in Meter Meereshöhe abgelesen werden. Mit zunehmender Verschlammung des Filterbetts vermehrt sich bekanntlich der Filterdruck, es sinkt der Filtratspiegel, mit ihm die Skala D und der Zeiger auf F und dabei vermindert sich die Überfallhöhe h.

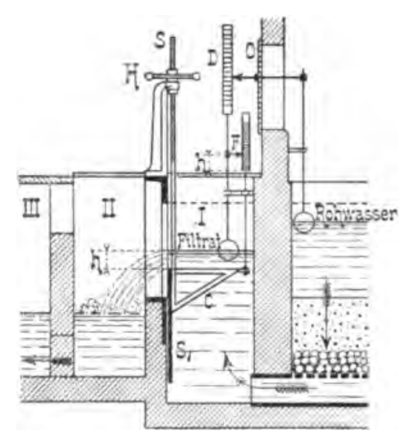


Fig. 596. Überfalleinrichtung der Hamburger Filterwerke.

Zur Bestimmung der Breite B des Überfalls dient die bekannte Formel: $Q = \alpha\, B\, .\, h\, .\sqrt{2\, g\, h}$, worin Q die sekundliche Wassermenge in Kubikmeter, α einen für jeden Überfall empirisch zu ermittelnden Koeffizienten (zwischen 0,40 u. 0,45, vgl. Abt. I, S. 86, Gl. 9 u. 10), B die Überfallbreite in Meter (lichte Breite des Schützenrahmens), h die Überfallhöhe in Meter, $g = 9{,}81$ Meter, die Erdbeschleunigung, bedeutet.

Beispiel: Für ein Filter mit $F = 1000$ Quadratmeter Filterfläche wird die normale Filtratmenge bei $f = 100$ Millimeter $= 0{,}1$ Meter Filtergeschwindigkeit pro Stunde:

$$Q = \frac{f\,.\,F}{60\,.\,60} = \frac{0{,}1\,.\,1000}{3600} = \text{rd. } 0{,}028 \text{ Kubikmeter pro Sekunde.}$$

Mit $h = 0{,}1$ Meter und $\alpha = 0{,}44$ ergibt sich sodann:

$$B = \frac{Q}{\alpha\,.\,h\,.\sqrt{2\,g\,h}} = \frac{0{,}028}{0{,}44\,.\,0{,}1\,.\,1{,}401} = \text{rd. } 0{,}45 \text{ Meter.}$$

Die provisorische Berechnung der Filtergeschwindigkeits- bezw. Filtratskala würde sich hiernach wie folgt gestalten:

Zur Berechnung angenommene Überfallhöhe h	Hieraus sich ergebende theoretische Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$	Bei 0,45 Meter Überfallbreite: überfließende Wassermenge $Q_{,} = a . B . h . \sqrt{2gh} = 0{,}44 . 0{,}45 . h . v$	Bei 0,45 Meter Überfallbreite: Filtergeschwindigkeit $f_{,} = \frac{Q_{,}}{F} . 3600 = \frac{Q_{,} . 3600 . 1000}{1000 \text{ qm}}$	Bei 0,16 Meter Überfallbreite: überfließende Wassermenge $Q_{,,} = 0{,}44 . 0{,}16 . h . v$	Bei 0,16 Meter Überfallbreite: Filtergeschwindigkeit $f_{,,} = Q_{,,} . 3600$
Meter	Meter	cbm pro Sekunde	mm pro Stunde	cbm pro Sekunde	mm pro Stunde
1.	2.	3.	4.	5.	6.
0,000	0,000	0,000	0,0	0,000	0,0
0,010	0,443	0,00088	3,15	0,00031	1,13
0,020	0,626	0,0025	8,94	0,00088	3,2
0,030	0,767	0,005	16,4	0,0016	5,8
0,040	0,886	0,007	25,3	0,0025	9,0
0,050	0,990	0,010	35,3	0,0035	12,6
0,060	1,085	0,013	46,4	0,0046	16,6
0,070	1,172	0,016	58,8	0,006	21,6
0,080	1,253	0,020	71,6	0,007	25,2
0,090	1,329	0,024	85,5	0,008	28,8
0,100	1,401	0,028	**100**	0,010	36,0
0,125	1,566	0,039	140	0,014	50
0,150	1,715	0,051	184	0,018	65
0,175	1,853	0,065	232	0,023	83
0,200	1,981	0,079	282	0,028	**100**

Die Tabelle zeigt, daß bei der gewählten Überfallhöhe $h = 0{,}1$ Meter und der daraus sich ergebenden Überfallbreite $B = 0{,}45$ Meter auf der künftigen Filtergeschwindigkeitsskala F in Fig. 596 von je 10 zu 10 Millimeter Skalenteilung noch Filtergeschwindigkeiten abgelesen werden können, die in den unteren Partien zirka 5 Millimeter, in den mittleren Partien zirka 15 Millimeter pro Stunde betragen; von der normalen Filtergeschwindigkeit mit 100 Millimeter pro Stunde ab sind die nächsten Intervalle nach oben nur bei je 25 Millimeter Skalenteilung aufgenommen, da mit diesen Filtergeschwindigkeiten nur in Ausnahmefällen gearbeitet wird.

Ist man bei der Anlage von Filtern nicht verhindert, in die Tiefe zu gehen, so kann wohl die Überfallbreite der Meßvorrichtung kleiner projektiert werden; es ergibt sich dann eine deutlichere Skala F für die Filtergeschwindigkeiten, wodurch die Ablesungen sicherer werden. Beispielsweise wird bei einer doppelt so großen Überfallhöhe, $h = 0{,}2$ Meter, die Überfallbreite

$$B = \frac{Q}{a . h . \sqrt{2gh}} = \frac{0{,}028}{0{,}44 . 0{,}2 . 1{,}981} = \text{rd. } 0{,}16 \text{ Meter.}$$

Die hieraus folgenden Werte von $Q_{,,}$ und $f_{,,}$ sind der Tabelle in den Kolonnen 5 und 6 angegeben. Wie ersichtlich, läßt sich hierbei die Filtergeschwindigkeit fast von Millimeter zu Millimeter pro Stunde regulieren, bezw. die Ergiebigkeit des Filters von Liter zu Liter pro Sekunde einstellen. Daß ein schmaler Überfall leichter zu handhaben ist, weil der Wasserdruck auf die Schütze kleiner wird, und daß dabei die Abnutzung der gleitenden Teile geringer ist, soll nicht unerwähnt bleiben. Die Anschaffungskosten der mechanischen Teile eines schmalen Überfalles, sowie dessen Einbau, sind selbstverständlich geringer als diejenigen eines breiten.

Wie aus dem Besprochenen hervorgeht, hat die Meßvorrichtung der Fig. 596 den Nachteil, daß sie auch dann verstellt werden muß, wenn eine Änderung der zu entnehmenden Filtratmenge gar nicht beabsichtigt ist, nämlich: wenn der Filterdruck zunimmt und wenn der Rohwasserstand wechselt. Die Schwankung des Rohwasserstandes kann, wie später bei den Filtermeßvorrichtungen des Stuttgarter Wasserwerkes näher besprochen wird, durch geeignete Regulierschwimmer in gewissen Grenzen gehalten, aber nicht ganz eliminiert werden, da die Schwimmer nicht genau genug wirken (s. unten § 61 bei Schwimmerpegeln). Der Einfluß des wechselnden Rohwasserstandes auf die Ergiebigkeit eines Filters zeigt sich schon bei sehr geringen Niveauschwankungen. Beispielsweise kann nach der Tabelle aus Kolonne 1 u. 4 entnommen werden, daß bei 0,090 Meter Überfallhöhe die zugehörige Filtergeschwindigkeit 85,5 Millimeter

beträgt; ändert sich der Rohwasserstand um 10 Millimeter auf oder ab, ohne daß sonst am Filterdruck oder an der Meßvorrichtung Veränderungen stattfinden, so steigt hierbei die Filtergeschwindigkeit auf 100 Millimeter oder sinkt auf 71,6 Millimeter. Die hieraus sich ergebende Mehr- oder Minderlieferung eines oder mehrerer Filter kann, wenn sie lange Zeit, z. B. über Nacht anhält, zu erheblichen Unregelmäßigkeiten im Reinwasserbehälterstand führen und veranlaßt in der Regel, wenn sie bemerkt wird, einen plötzlichen Eingriff in die Regulier- und Meßvorrichtung, der dann andere Unzuträglichkeiten im Gefolge hat; wirkte z. B. über Nacht das Filter zu langsam, so muß es am Morgen durch kräftiges Ablassen der Regulierschütze zu erhöhter Tätigkeit gezwungen werden und umgekehrt. Derlei Eingriffe beeinträchtigen die Erhaltung einer die Bakterien zurückhaltenden schützenden Filterschicht. Die Handhabungen an der Meßvorrichtung nach Fig. 596 sollten in Rücksicht hierauf nur äußerst behutsam und stets nur von Millimeter zu Millimeter Filtergeschwindigkeit vor- oder rückwärtsschreitend unter steter Beobachtung der Skala *F* vorgenommen werden.

Die definitive Skalenteilung *F* enthält dann auch, entgegen den in der Tabelle (Kolonne 4 bezw. 6) mitgeteilten Werten, die Abstufungen von 10 zu 10 Millimeter Filtergeschwindigkeit mit den zugehörigen Filtratmengen, welche durch graphische Interpolation nach stattgehabter Eichung der Überfallmengen leicht erhältlich ist. Für das Beispiel des 0,45 Meter breiten Überfalls ergeben sich statt Kolonne 4 der Tabelle für ein 1000 Quadratmeter großes Filter nachstehende Daten:

Filtergeschwindigkeit in Millimeter pro Stunde	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Filtratmenge Kubikmeter pro Stunde	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Zugehörige Überfallhöhe Millimeter	21,5	34	45	55	63	71	79	86	93	100	107	113	119	125	131	136

Filtergeschwindigkeit in Millimeter pro Stunde	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	282
Filtratmenge Kubikmeter pro Stunde	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	282
Zugehörige Überfallhöhe Millimeter	142	148	153	158	164	169	174	179	184	189	194	199	200

2. Automatische Filterregulierung. Die erwähnten Übelstände der Handregulierung vermeidet der automatische Filterregler nach Lindley (vgl. Abt. I, S. 434), welcher mit einer Meßvorrichtung von Götze [5] kombiniert, im Wasserwerk Bremen zur Anwendung gelangte. Auch bei dieser Meßvorrichtung wird die Filtratmenge durch einen Überfall abgeführt; dieser stellt sich jedoch selbsttätig auf den jeweiligen Filtratwasserspiegel ein, so daß nur die beabsichtigte Vermehrung oder Verminderung der abzuführenden Filtratmenge ein Eingreifen in die Verstellvorrichtung von seiten des Filterwärters bedingt. Hierdurch ist ein sehr ruhiges Arbeiten des Filters auf die ganze Dauer seiner Filtrierperiode gewahrt.

Bei diesem Filterregler wird die Geschwindigkeit bezw. die Menge des abfiltrierten Wassers durch einen Überfall gemessen, der in einem mit Schlitzen versehenen Teleskoprohre *B* (Fig. 597) eingerichtet ist und der sich mittels eines Schwimmers auf dem Filtrat in stets gleicher Höhe erhält, solange das Teleskoprohr nicht absichtlich höher oder tiefer verstellt wird, um entweder langsamer oder schneller zu filtrieren, d. h. weniger oder mehr Filtrat durch den Apparat zu entnehmen. Wie aus der Figur ersichtlich, läuft rechts aus dem Filterbett das Rohwasser durch die Filtermaterialien (Sand, Kies, Kanäle) und durch das anschließende Rohr *M* nebst Schieber *L* nach der Reglerkammer, in welcher auf dem T-Stück *A* der Schwimmerapparat eingebaut ist. Das T-Stück hat einen unteren Abzweig nach der Entleerungsleitung, einen mittleren Abzweig mit Schieber *K* nach dem Reinwasserbassin, und eine obere Mündung, die mit einem Weißmetallring gefüttert ist, in dem sich das Teleskoprohr *B* führt; dieses Rohr ist aus Bronze und muß sehr genau und sauber bearbeitet sein, um bei den Auf- und Abbewegungen möglichst wenig Reibung zu verursachen. Zwischen Bronzerohr und Weißmetallring besteht immerhin noch ein Spielraum von $^3/_4$ Millimeter, da andernfalls die Reibung zu groß wäre. Durch diesen Spielraum läuft nun allerdings aus der Reglerkammer einiges Filtrat ungemessen nach dem Reinwasserbassin; allein seine Menge

ist nach den Beobachtungen im Bremer Wasserwerk belanglos. Am oberen Ende befinden sich an dem Bronzerohr die erwähnten, als Überfall wirkenden Schlitze; sie sind nach Götze [5] so bemessen, daß für eine Filtergeschwindigkeit von 100 Millimeter pro Stunde etwa 150 Millimeter Überlaufhöhe nötig werden. Nach Versuchen Götzes hat für 150 Millimeter Überlaufhöhe der Koeffizient α in der Formel $Q = \alpha\, B\, .\, h\, .\, \sqrt{2\, g\, h}$ den Wert 0,447, wonach man die Breite B der Schlitze bei gegebener Filtratmenge Q berechnen kann. Man macht selbstverständlich die Schlitze noch 100 bis 150 Millimeter höher, um auch größere Filtratmengen für den Notfall ablassen zu können. Der Hub des Teleskoprohres ist in Fig. 597 zu 1,2 Meter angenommen und wird begrenzt durch einen oberen und einen unteren Stellring, der sich auf einer Spindel C befindet, die in der Mutter G mit Gewinde eingeschraubt ist. Die Mutter G ist in kardanischer Aufhängung (mit übers Kreuz angeordneten Drehgelenken) an den Traversen E des rings um das Rohr B in das Filtrat tauchenden Schwimmers befestigt. Der Schwimmer ist im Grundriß viereckig wie die Reglerkammer, hat rund 3,3 Quadratmeter Fläche und ist aus 4 Millimeter starkem Eisenblech angefertigt; zur Verhütung von Drehungen um die Achse bei äußeren Einflüssen wird er noch seitlich durch eine Rolle geführt. Steigt oder fällt der Schwimmer, so hebt oder senkt sich auch das Teleskoprohr B, das außer in dem T-Stück A noch einmal oben in der Abdeckung der Reglerkammer bei H mittels der Spindel C geführt ist. Die Spindel trägt oben ein Handrad und darunter einen Zeiger O. Wird das Handrad und mit ihm die Spindel C in der Mutter G so gedreht, daß die Spindel aus der Mutter nach oben heraufgeschraubt wird, so folgt das an der Spindel C hängende Rohr B nach oben nach, mit ihm die Überfallschlitze und ebenso auch der erwähnte Zeiger O. Sind die Schlitze endlich so hoch gezogen worden, daß deren Unterkante (die eigentliche Überfallkante) sich in gleicher Höhenlage mit dem Wasserspiegel in der Reglerkammer befindet, so hört der Erguß des Wassers in das Rohr B auf. Hierbei stellt sich der Zeiger O auf einer Skala N, die mit den Traversen des Schwimmers fest verbunden ist, also mit demselben die gleichen Auf- und Abbewegungen macht wie die Spindel C, auf den Nullpunkt ein. In diesem Zustande fließt kein Wasser über die Überfallschlitze, mag der Wasserspiegel des Filtrats hoch oder nieder stehen; denn mit den jeweiligen Veränderungen des Wasserspiegels verändert sich nur die Gesamthöhenlage des Schwimmers, der Spindel mit Mutter und Teleskoprohr, und der Skala N. Auch ein auf dem Schwimmer rechts befestigter Pegel P wird auf oder ab bewegt, je nachdem das Wasser steigt oder fällt.

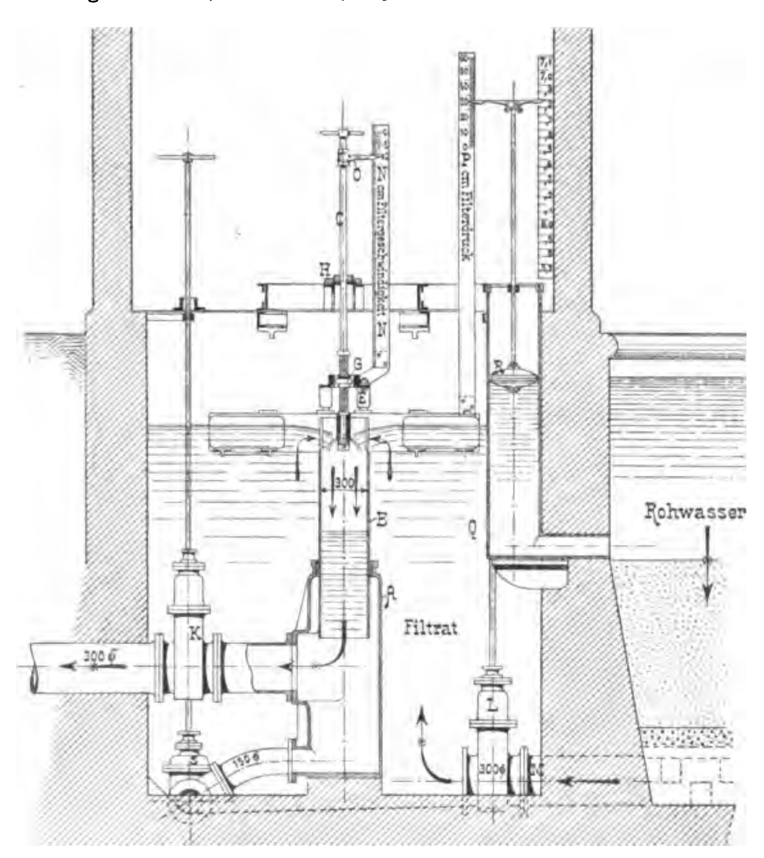


Fig. 597. Automatischer Filterregler Lindley-Götze. (Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1897, S. 171.)

Es ist leicht ersichtlich, daß bei der Götzeschen Regleranordnung die Menge des überfließenden Wassers von den Schwankungen des Filtratstandes unabhängig ist, mögen diese von dem wechselnden Rohwasserstande im Filter oder von dem mit der Dauer der Filtration zunehmenden Filterdruck, der Differenz zwischen Rohwasser- und Filtratspiegel, herrühren. Lediglich durch absichtliche Regulierung an dem Handrad der Spindel C kann auf die beschriebene Weise eine

relative Verstellung der Überfallschlitze im Teleskoprohr B gegenüber dem Filtratspiegel erfolgen und diese Verstellung kann an der Skala N leicht abgelesen und daher innerhalb der kleinsten Grenzen gehandhabt werden. Die Einteilung der Skala N kann auf verschiedene Weise empirisch erfolgen, entweder durch Ablassen bestimmter Wasserhöhen bezw. Mengen in bestimmten Zeiten aus dem Filter, dessen Flächeninhalt genau genug berechnet worden ist, oder Einlassen des überfließenden Filtrats in das Reinwasserbassin, dessen Kubikinhalte von Zentimeter zu Zentimeter Höhe in der Regel bekannt sind.

Statt der Filtergeschwindigkeit, wie in der Figur angedeutet, läßt sich auch die Wassermenge oder beide nebeneinander auf derselben Skala N auftragen, da bei jedem Filter die Menge des durchfiltrierten Wassers ein Vielfaches der unveränderlichen Filterfläche und der jeweiligen Filtergeschwindigkeit ist. Die gezeichnete Einrichtung mit einem Teleskoprohr von 300 Millimeter Lichtweite ist nach Götze [5] für ein Filter von etwa 1200 Quadratmeter geeignet. An dem Pegel P kann auch der jeweilige Filterdruck abgelesen werden, indem seine Skala durch den Spiegel des Filtrats verstellt wird, der Zeiger aber von einem Schwimmer R getragen ist, der sich in einem Rohr befindet, das sich mit Rohwasser vom nebenan liegenden Filter stetig füllt. Stehen Rohwasserspiegel und Filtratspiegel gleich hoch, herrscht also kein Filterdruck, so zeigt der Zeiger auf der P-Skala „Null". Sinkt der Filtratspiegel infolge zunehmenden Filterdrucks, so steigt relativ der Zeiger auf die betreffende Marke. Nach dem Stande in der Figur sind 30 Zentimeter Filterdruck abzulesen, entsprechend 30 Zentimeter Höhendifferenz des Roh- und Reinwasserspiegels. Außer dem Filterdruckpegel P befindet sich in der Reglerkammer noch ein Pegel für Rohwasser, der rechts vom Schwimmer R die absolute Höhe (Meereshöhe) des Rohwasserspiegels im Filter angibt.

Die Meßvorrichtung mit Teleskoprohren hat den Nachteil, daß sie von der Reibung dieser Rohre in deren Führungen abhängt; steigt die Reibung auf ein Maß, dem eine geringe Veränderung der Eintauchtiefe des Schwimmers nicht mehr das Gleichgewicht halten kann, so entstehen ruckweise Bewegungen des Apparats, und diese sind für den ungestörten Gang eines Filters zu vermeiden. In Fig. 373 auf S. 230 haben wir eine Ablaufvorrichtung mit Gummischlauch angegeben, welche für den Zweck einer Filtermeßvorrichtung besser geeignet ist, indem sie sich nicht nur ohne Reibung bewegen läßt, sondern auch ein wesentlich geringeres Gewicht besitzt, wodurch dann der Reglerschwimmer bedeutend kleiner ausfallen kann.

3. Filterregulierung durch Venturi-Wassermesser. Nächst den Überfalleinrichtungen scheint der Venturi-Messer wegen seiner einfachen Konstruktion für Filtratmessungen geeignet. Seine Anwendung bedingt jedoch, wie aus dem bei Fig. 545, S. 387 Gesagten hervorgeht, eine Druckdifferenz, die nicht unerheblich ist, und da der Venturi-Messer in die Reinwasserleitung hinter dem Filter eingebaut wird, so sind nur diejenigen Filterwerke in der Lage, von seinen an sich bedeutenden Vorzügen Gebrauch zu machen, die über genügendes Gefälle zwischen Rohwasser- und Reinwasserspiegel also zwischen Filterübereich und höchstem Stand im Reinwasserbassin verfügen. In Deutschland sind für Filtermeßvorrichtungen bis jetzt keine Anlagen mit Venturi-Messern errichtet worden; die englischen Kataloge geben nur Dispositionsskizzen an, aus welchen wir entnehmen, daß von mehreren Filterbetten die Reinwasserleitungen nach einem zentral gelegenen Schacht führen, vor welchem je in der zugehörigen Reinwasserleitung der Venturi-Messer eingebaut ist. Die Röhrchen der Fig. 545, welche den Druck vor und in der Verengung des Venturi-Messers anzeigen, sind hierbei in den Schacht bezw. an eine Registriervorrichtung geleitet, die über dem Schacht in einem Häuschen aufgestellt ist. Aus den Druckdifferenzen werden dann mittels Diagramme die durch Eichungen erhobenen Filtratmengen gemessen.

4. Filterregulierung durch Wassermesser nach System Deacon. In Abt. I, S. 433 (vgl. dort Fig. 184) haben wir angedeutet, auf welche Weise in Stuttgart aus den Bewegungen eines Ventiltellers in konischem Rohre die Filtratmenge ermittelt wird. Über diese Meßvorrichtungen, deren nunmehr beim Neckar- und Seewasserwerk im ganzen 23 (auch bei den offenen Filtern wurden sie nachträglich eingebaut) im Gebrauch stehen und deren Zweckmäßigkeit in Abt. I, S. 437 betont wird, liegen ausgedehnte Erfahrungen vor, welche im nachfolgenden eingehend erörtert werden sollen.

Aus dem Schnitt A—B der Fig. 598 ist zunächst ersichtlich, daß das Filtrat, nachdem es aus dem Rohwasser nach Durchfließen der Sand- und Kiesschichten in Reinwasser verwandelt wurde, eine die Filterumfassungsmauer durchdringende Röhre durchströmen muß, welche mittels

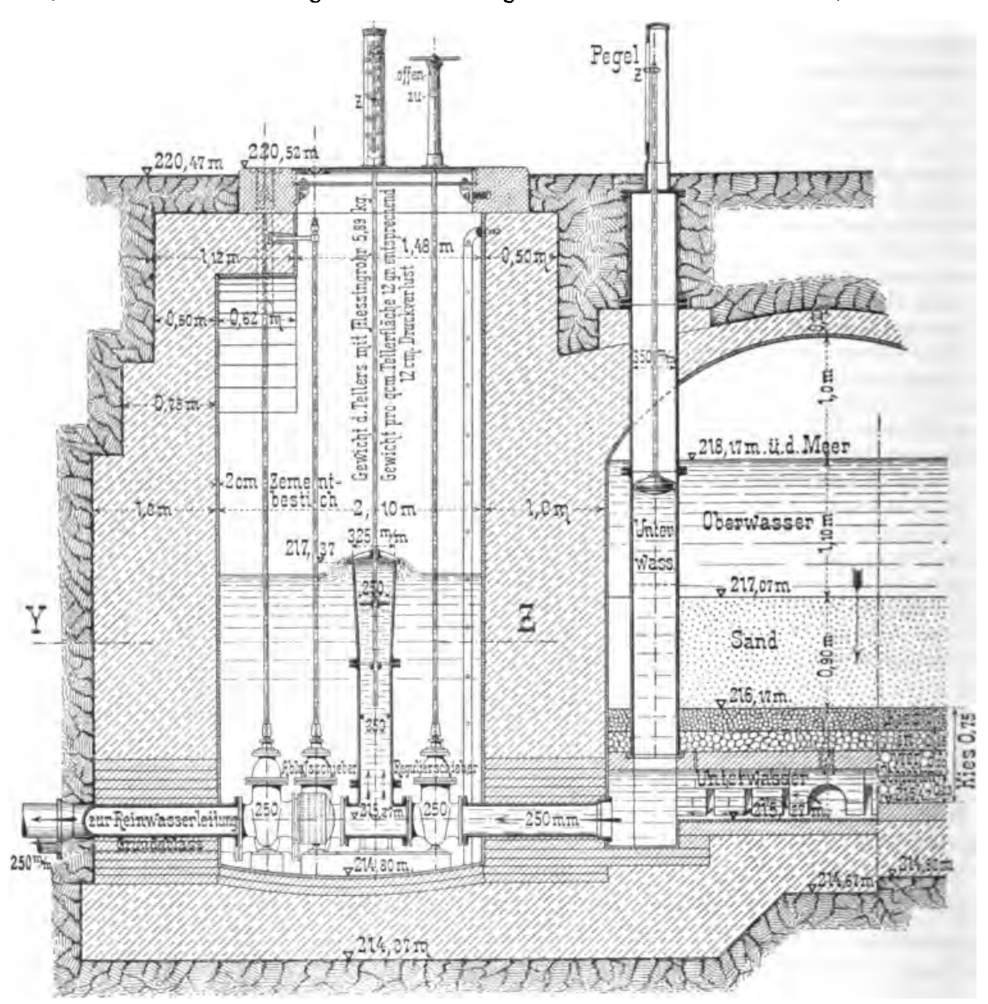


Fig. 598. Filtermeßvorrichtung Stuttgart. Schnitt A—B nach Fig. 601.

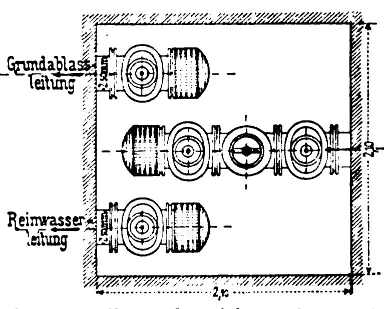


Fig. 599. Filtermeßvorrichtung Stuttgart. Schnitt Y—Z nach Fig. 598.

eines Absperrschiebers (des sogenannten Regulierschiebers) das filtrierte Wasser in den mit dem Filter zusammengebauten Reinwasserschacht durch ein T-Stück leitet, auf dessen senkrechtem Stutzen ein oben konischer Trichter, der Meßtrichter, aufgesetzt ist. An dem horizontalen Stutzen des T-Stücks sitzt der Ablaßschieber, welcher bei normalem Filterbetrieb geschlossen bleibt und nur behufs gänzlicher Entleerung des Filters bei Reinigungen geöffnet wird. In dem Reinwasserschacht befinden sich außerdem noch, wie Schnitt Y—Z in Fig. 599 zeigt, der Absperrschieber für die Reinwasserleitung, welcher bei normalem Filterbetrieb stets geöffnet ist und das Filtrat nach dem Reinwasserbassin fließen läßt (Reinwasserschieber) und ein Grundablaßschieber, der bei normalem Betrieb geschlossen ist und in jenen Zeiten offen steht, in welchen unbrauchbares Filtrat abgeleitet werden muß. Hierbei ist natürlich der Reinwasserschieber geschlossen zu halten.

Aus den Schnitten $A—B$, Fig. 598, und $C—D$, Fig. 600 u. 601, geht weiter hervor, daß zur Erkennung der beiden Wasserstände, des Ober- und Unterwassers, je ein Pegel angeordnet ist, der aus einem in den betreffenden Wasserspiegel eintauchenden Schwimmer mit Stange aus Messingrohr und oben einem Zeiger Z besteht. Der Zeiger gibt auf der senkrechten Skala, die an einem hohlen Ständer befestigt ist, die jeweiligen Wasserstandshöhen in Zentimetern an. Wenn ein Filter gefüllt r u h i g steht, so zeigen die beiden Zeiger des Ober- und Unterwasserpegels auf Null, das ist auf „Filterübereichhöhe", dem höchsten Stand des Schwimmers entsprechend. Je nachdem die Wasserspiegel sinken, sinken auch die Schwimmer und mit ihnen die Zeiger; die größte Absenkung ist zu 80 Zentimeter normiert. Die Schwimmer, aus verzinntem 2 Millimeter starkem Kupferblech, bewegen sich je in einem auf dem Betongewölbe eingehängten gußeisernen Führungsrohr, von denen das für das Unterwasser (Schnitt $A—B$) bis in den Abdeckquader des Hauptsammelkanals des Filters eingelassen und mit Zement verdichtet ist; dasjenige für das Oberwasser (in der Fig. 598 punktiert) reicht nur bis auf ca. 10 Zentimeter über der Sandoberfläche in das Rohwasser herab.

Aus dem Höhenunterschied der beiden Pegelablesungen ergibt sich beim F i l t e r b e t r i e b der jeweilige, vom Zustand der durchlässigen obersten Filterschicht (Schlammdecke auf dem Sand) abhängige, sogenannte „Filterdruck". Bei stark verschlammtem Filter sinkt der Unterwasserspiegel und mit ihm der Pegel bis auf 80 Zentimeter unter den Oberwasserspiegel und damit hört das Durchfließen von Filtrat nach dem Reinwasserschacht auf, weil die Oberkante des Meßtrichters auf diese aus filtertechnischen Gründen bedingte Höhe gelegt ist (s. Abt. I, S. 427). Aus den beigesetzten Koten 218,17 Meter und 217,37 Meter Meereshöhe läßt sich die Differenz 0,80 Meter in Fig. 598 ermitteln. Es besteht dann in der kommunizierenden Röhre: Meßtrichter, T-Stutzen, Regulierschieber (geöffnet), Mauerröhre und Schwimmerrohr des Unterwassers, Gleichgewicht. Bei jedem anderen höheren Wasserstand in dem Schwimmerrohr tritt Bewegung des Filtrats in der Richtung nach dem Meßtrichter ein.

In dem Meßtrichter, der nach dem Deaconschen Prinzip des Distriktswassermessers (Fig. 544) eingerichtet ist (vgl. S. 385), bewegt sich mit dem Wasserstrom ein an einer Messingröhre befestigter runder Teller, dessen Bewegungen mit der Messingröhre nach oben durch einen an der Röhre wie bei den Pegeln befindlichen Zeiger ersichtlich gemacht werden. Auch dieser Zeiger gleitet vor einer Skala, die an der mittleren Standsäule Fig. 600 (Schnitt $C—D$) angebracht ist, die aber ihren Nullpunkt entgegen der Pegelskala unten hat, weil, wenn kein Wasser durch den Meßtrichter fließt, der Teller durch sein Gewicht die tiefste Lage einnimmt. Am unteren Ende des Meßtrichters ist eine kreuzförmige Führung für das Messingrohr angebracht, auf welcher der Teller in der tiefsten Lage aufruht; am oberen Ende des Meßtrichters wird das Messingrohr in einem Bügel geführt, der auf dem Trichterrand aufgeschraubt ist. Außer diesen beiden Führungen hat die Messingröhre keine weiteren Berührungspunkte mit der Meßeinrichtung und es ist alle Sorgfalt darauf zu verwenden, daß die ganze Anordnung reibungsfrei geht, was am sichersten durch genau senkrechte Stellung des Trichters erreicht wird. Hierauf ist jedoch schon bei der Montierung des unteren T-Stutzens zu achten, da ein dort gemachter Fehler nach oben immer größere Abweichungen vom Lot ergibt. Meßtrichter, Teller, Führungen und Zeiger sind aus Bronze hergestellt, der Trichter innen, der Teller ganz blank bearbeitet. Aus Zweckmäßigkeitsgründen wurde zu der Standsäule das gleiche Modell wie für die Pegel (nur mit etwas kürzerem Sockel) verwendet; somit ergab sich die Länge der Meßskala zu 80 Zentimeter, wie bei den Pegeln. Hieraus folgte als Höhe für den Meßtrichter ebenfalls 80 Zentimeter und als Maß für den oberen lichten Durchmesser galt die Bedingung, daß die Meßvorrichtung noch Wassermengen durchlassen sollte, die etwa mit der zweifachen normalen Filtergeschwindigkeit (normal 100 Millimeter pro Stunde) aus dem betreffenden Filter zu gewinnen waren, ohne den Druckverlust wesentlich über das Maß zu steigern, das bei Durchströmung der Zuleitung veranlaßt wird. Letztere war bei den Filtern mit 700 Quadratmeter Filterfläche zu 250 Millimeter, bei jenen mit 1000 Quadratmeter zu 300 Millimeter lichter Weite bestimmt, mit einem Druckverlust von rund 1 Millimeter pro laufenden Meter, wenn die normale Wassermenge bei 100 Millimeter Filtergeschwindigkeit durchfloß. Es ergibt nämlich das 700 Quadratmeter-Filter bei 0,1 Meter gedachter stündlicher Absenkung des Oberwasserspiegels (sogenannte Filtergeschwindigkeit) $700 \times 0{,}1 = 70$ Kubikmeter Filtrat $= 70\,000$ Liter pro Stunde oder ca. 19,5 Sekundenliter. Diese werden mit 0,4 Meter Geschwindigkeit durch die 250 Millimeter weite Leitung in den Reinwasserschacht geführt, was etwa 1 Millimeter Druckverlust pro laufenden Meter verursacht. Nicht viel von diesem Wert abweichend ist das Ergebnis bei den größeren Filtern. Da jedoch die in den Fig. 598 bis 601 gezeichnete Meßvorrichtung zu den 700 Quadratmeter-Filtern gehört, seien die Verhältnisse nur für diese des näheren erörtert.

Wie bereits erwähnt, stehen zur Bewegung und Fortleitung des Filtrats aus dem Filterbett nach dem Reinwasserschacht maximal 0,80 Meter Gefälle zur Verfügung; durch den Druckverlust im Filter, sowie durch die Bewegungswiderstände auf dem Wege durch die Kommunikationsleitung und den Meßtrichter vermindert sich das Gefälle. Die Leitungswiderstände betragen

nur wenige Millimeter; dagegen bietet der Teller im Meßtrichter einen merklichen Widerstand, der von vornherein bekannt sein muß, um richtig disponieren zu können. Sitzt der Teller auf der unteren Führung auf, so verschließt er nahezu dicht das untere Ende des Meßtrichters, da er in dessen Mündung gerade paßt ohne zu klemmen. Sein Gewicht samt demjenigen der Messingröhre mit Zeiger wird nur dann überwunden, wenn der Flüssigkeitsdruck von unten die Größe $F\,h = G$ erreicht, unter G das Gewicht des Tellers mit Belastung durch Messingröhre und Zeiger in Gramm, F die Tellerfläche in Quadratzentimeter, h das Gewicht bezw. die Höhe der Wassersäule in Zentimeter verstanden.

Fig. 600. Filtermeßvorrichtung Stuttgart. Schnitt C—D nach Fig. 601.

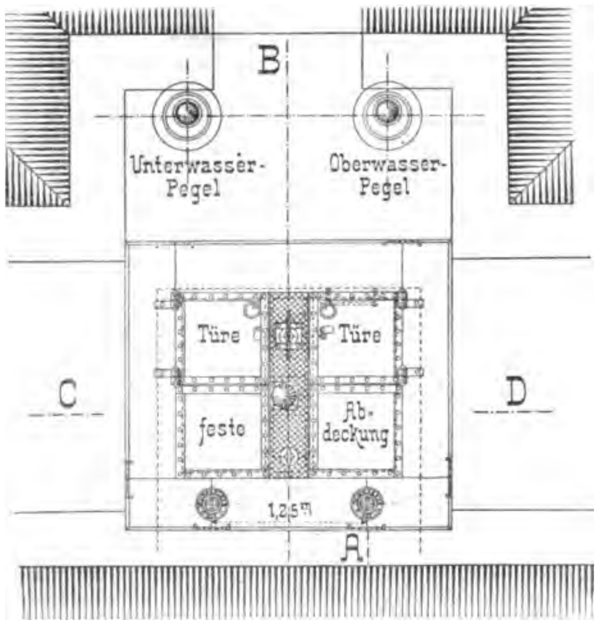


Fig. 601. Filtermeßvorrichtung Stuttgart. Ansicht von oben.

Nach Fig. 598 ist $G = 5{,}89$ Kilogramm $= 5890$ Gramm, $F = 0{,}25 \,.\, \pi \,.\, 25^2 = 490$ Quadratzentimeter, daher $h = G : F = 12$ Zentimeter. Diese Wassersäulenhöhe muß geopfert werden, um den Teller der Meßvorrichtung in Bewegung zu setzen; ist einmal die Bewegung eingeleitet, schwebt der Teller etwa in der Mitte, wie gezeichnet, so wird ein Teil der Geschwindigkeitshöhe $v^2 : 2\,g$, mit welcher das Wasser durch den Trichter strömend erhalten wird, an der unteren Tellerfläche, wo die senkrecht nach oben gerichtete Strömung in eine radial nach außen gerichtete sich umsetzt, nahezu zurückgewonnen als $h_1 = v_1{}^2 : 2\,g$, unter v_1 die Geschwindigkeit des Wassers in dem freien Querschnitt des Ringspaltes zwischen Teller und Trichter verstanden. Da v_1 sich nicht nur in jeder Lage des Tellers infolge des veränderlichen Trichterquerschnitts anders gestaltet, sondern auch die Reibung desjenigen Teils des Filtrats, das an dem Tellerumfang vorüberstreicht, sowie die Kontraktion am Ringspalte und die Reibung an der Trichterinnenfläche, endlich die Wirbelbildungen und Saugwirkungen unmittelbar oberhalb des Tellers ganz untrennbar voneinander auftreten, daher einzeln nie zu ermitteln sein werden, lassen sich die besonderen Widerstände durch Rechnung nicht bestimmen. Tatsächlich sind sie, wie die Beobachtung lehrt, verschwindend klein. Für die Bestimmung des oberen lichten Durchmessers des Meßtrichters genügt die Beziehung

$$F_1 - F = \frac{Q_1}{\alpha\, v_1}$$

wenn F_1 der obere lichte Querschnitt des Meßtrichters, F der Querschnitt des Tellers in Quadratzentimeter, Q_1 die verlangte Maximalfiltratmenge (zweifache Normalmenge) in Kubikmeter pro Sekunde, v_1 wie oben die Geschwindigkeit des Wassers in dem freien Querschnitt des Ringspalts zwischen Teller und oberem Trichter in Meter, α ein Kontraktionskoeffizient ist, der $= 0{,}75$ gesetzt werden kann. Da nun in der untersten Tellerlage eine Wassersäulenhöhe $h = 0{,}12$ Meter unter allen Umständen nötig war, um dem Teller das Gleichgewicht zu halten, so genügt es, die aus ihr resultierende Geschwindigkeit $v_1 = 4{,}43 \sqrt{0{,}12} = 1{,}534$ Meter für die Ermittlung des oberen Trichterdurchmessers beizubehalten, womit dann für den hier gegebenen Fall mit $Q_1 = 2 \,.\, 0{,}0195 = 0{,}039$ wird:

$$F_1 - F = \frac{0,039 \cdot 10000}{0,75 \cdot 1,534} = 339 \text{ Quadratzentimeter},$$

woraus $F_1 = 339 + 490 = 829$ Quadratdezimeter, also der zugehörige Durchmesser 32,5 Zentimeter oder 325 Millimeter, wie in der Fig. 598 angegeben.

Die Skala selbst muß genau richtig geteilt sein, und dies kann nur auf dem Wege des Versuchs durch Eichung erreicht werden, wenn sie zuverlässige Werte enthalten soll. Die ganze Filterkontrolle beruht auf deren Angaben. Zur Eichung sind zwei Methoden anwendbar.

Die einfachere Methode besteht darin, daß bei abgesperrtem Reinwasserschacht je mit beliebigen Filtratmengen eine bestimmte Höhe im Reinwasserschacht angefüllt und die hierzu verbrauchte Zeit notiert wird. Es ist dann

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{f \cdot H}{t},$$

wenn Q die sekundliche Wassermenge in Liter, V das Volumen im Reinwasserschacht in Liter, t die beobachtete Zeit in Sekunden ist, die bei Anfüllung der Höhe H im Reinwasserschacht verfloß, dessen reiner Querschnitt f (nach Abzug der etwa in ihm wasserverdrängenden Einbauten: Röhren, Gestänge, Leitern etc.) durch Ausmessen mit beliebiger Genauigkeit erhoben werden kann. Während der Beobachtung muß der sogenannte „Beharrungszustand“ eingetreten sein, d. h. es darf nichts geändert werden, was auf den Durchfluß des Wassers irgendwelche Einwirkung hat. Daher ist vor jedesmaligem Beginn der eigentlichen Beobachtung der Wasserinhalt des Schachts vermittels des Grundablasses ganz zu entleeren und der Zeitpunkt abzuwarten, bis das Wasser im Schacht wieder so hoch gestiegen ist, daß es die unterste festgesetzte Marke erreicht. Von diesem Augenblick an beginnt die Beobachtung der Zeit und damit die Messung des den inhaltlich bekannten Schachtraum füllenden Wassers; das Ende der Messung bildet der Augenblick, in welchem das Wasser die oberste festgesetzte Marke im Schacht erreicht. Die senkrechte Höhe zwischen beiden Marken ist H. Für Reinwasserschächte wie der gezeichnete, bietet die eiserne Leiter in ihren unteren Sprossen stets bequeme Marken zur Beobachtung sowohl beim Eichen als auch bei späteren Kontrollen der Skala. Der Wasserspiegel im Schacht muß ruhig sein, wenn die Beobachtung genau sein soll; ist er bei größeren Wassermengen unruhig, so hilft man mit einem aus zwei Hälften bestehenden Blechrohr ab, das über den Meßtrichter gestülpt wird und das überlaufende Wasser innerhalb des Blechrohrs unter dem Wasserspiegel ausmünden läßt. Jeder Wassermenge entspricht eine bestimmte Stellung des Tellers im Meßtrichter und somit des Zeigers an der Skala, welche jeweils beim Eichen auf der Skala provisorisch notiert wird, um sie nach m e h r m a l i g e n Wiederholungen der Eichungen zu kontrollieren und gebotenenfalls zu korrigieren, und endlich nach einer gewissen Abstufung entweder in Sekundenliter oder Kubikmeter pro Stunde durch Interpolation umzurechnen oder graphisch zu interpolieren und definitiv auf die Standsäule mit Farbe aufzutragen, wenn nicht vorgezogen wird, die Skala gleich in Email anzufertigen. Letzteres ist rätlich, da die mit Farbe geschriebenen Zahlen im Wetter bald blaß werden. Die Einstellung der gewünschten Wassermengen zwischen Null und Maximum geschieht lediglich mittels des Regulierschiebers, indem durch Drosseln des Schieberkeils das für den Durchfluß des Wassers nicht benötigte ganze Gefälle von 80 Zentimeter (abzüglich des etwaigen Filterdrucks und der Widerstandshöhe von rund 12 Zentimeter für den schwebenden Teller) reduziert wird. Empfehlenswert ist es, die Eichungen bei frischem Filter, also mit einem Filterdruck gleich Null oder wenig über Null vorzunehmen, damit, wie oben angedeutet, der Beharrungszustand beim Durchlassen der verschiedensten Wassermengen durch zunehmenden Filterdruck nicht gestört wird. Die Eichung mit den notwendigen Kontrollversuchen nimmt mitunter mehrere Tage in Anspruch, weshalb ein bereits längere Zeit betriebenes Filter wegen des stetig sich vergrößernden Filterdrucks zur Vornahme genauer Messungen nicht geeignet ist.

Die Handhabung des Regulierschiebers erfordert große Aufmerksamkeit; eine noch so geringe Bewegung an dem oben auf der Schieberspindel aufgesteckten Handhebel (Fig. 598, Schnitt A—B) im Sinne der zuletzt gemachten Drehung (da der Spielraum im Gewinde der Spindelmutter dann nicht verhindern kann, daß der Schieberkeil der durch die Drehung der Schraube bewirkten Hebung oder Senkung der Mutter sofort folgt) macht zuweilen einen bereits stundenlang dauernden Versuch unbrauchbar, so daß er wiederholt werden muß. Im Abschnitt VII werden wir gelegentlich der Besprechung des Betriebs der Sandfiltration noch eingehender auf die Regulierschieber und deren Gebrauch zurückkommen.

Eine andere, bei dem Stuttgarter Wasserwerk geübte Methode zur Eichung der Meßvorrichtungen ist das Ablassen der jeweils gefilterten Wassermenge in einen besonderen Eichschacht nach Fig. 602, der in der Nähe der Filter mittels besonderer Leitung an die Grundablaßleitung der Reinwasserschächte angeschlossen ist. Das Wasser gelangt zuerst in den Meßschacht I, der mit einer Skala versehen ist, deren Einteilung anderweitig mittels Wassermesser oder geeichter Behälter erhoben wurde, und fließt durch einen 43 Millimeter breiten, aus 15 Millimeter dicken,

blank bearbeiteten Bronzeleisten gebildeten Schlitz, dessen Innenkanten gut abgerundet sind, in den Schacht *II*, aus welchem es durch den Ablauf in irgend ein Unterwasser geleitet wird. Je nach der Höhe des Wasserspiegels im Eichschacht *I* ist die durch den Schlitz übergelaufene Wassermenge verschieden groß; die betreffenden Werte für die Skala, die jedoch n u r für den oben beschriebenen Schlitz mit 43 Millimeter lichter Weite gelten, finden sich nachstehend.

Tabelle der Überfallhöhen über den Nullpunkt bei einem 43 Millimeter breiten ausgerundeten Schlitz.

Kubikmeter pro Stunde	Überfallhöhe mm	Kubikmeter pro Stunde	Überfallhöhe mm	Kubikmeter pro Stunde	Überfallhöhe mm	Kubikmeter pro Stunde	Überfallhöhe mm
250	823	180	662	110	475	40	243
240	801	170	637	100	447	30	200
230	778	160	613	90	416	20	153
220	757	150	586	80	384	15	125
210	733	140	560	70	351	10	96
200	710	130	532	60	317	5	60
190	686	120	505	50	279	2	32

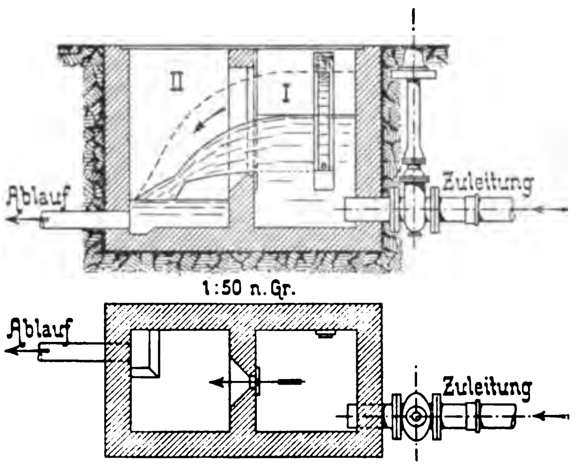


Fig. 602. Eichschacht zur Filterkontrolle.

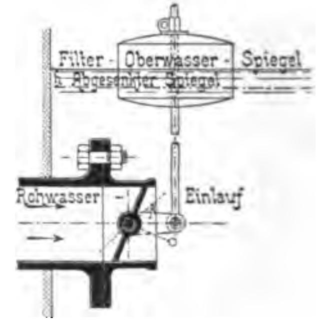
Bei Eichungen mit dem Eichschacht muß vor allem dessen Dichtheit sichergestellt sein. Die Überfallmengen ergeben sich aus der Formel (s. Abt. I, S. 86, Gl. 10)

$$Q = m \,.\, a \,.\, H \,.\, \sqrt{2\, g\, H},$$

worin Q die sekundliche Wassermenge in Kubikmeter, m der Ausflußkoeffizient, der für 250 bis 110 Kubikmeter stündlichen Durchfluß 0,491 beträgt, unter 110 Kubikmeter langsam bis 0,499 steigt (m ist hier größer als in Abt. I, S. 86, Gl. 10 angegeben wegen der abgerundeten Überfallkanten), a die Breite des Überfallschlitzes (0,043 Meter), H die Überfallhöhe in Meter, gemessen an einer Stelle, an welcher der Wasserspiegel ruhig ist (Wassertiefe über dem Nullpunkt), $g = 9{,}81$ Meter.

Wie bei der erstgenannten Methode muß auch beim Eichschacht stets der Beharrungszustand einige Zeit vorher eingetreten sein, bevor der Zeigerstand an der Skala der Meßvorrichtung notiert wird, d. h. es darf weder ein Steigen noch ein Sinken des Wasserspiegels an der Skala im Eichschacht *I* bemerkt werden; der Eintritt des Beharrungszustandes ist besonders bei größerer Entfernung des Eichschachtes von dem Reinwasserschacht wegen des nötigen Gefälles und wegen Hängenbleibens von mitgerissenen Luftblasen in der Zuleitung mit größerem Zeitaufwand verknüpft. Es vergehen hierbei Stunden.

Änderungen, die auf die Durchflußmenge einwirken können, sind nicht nur für die Eichung und andere Messungen, sondern auch für den Filterbetrieb unerwünscht; deshalb ist z. B. die Einhaltung eines konstant bleibenden Oberwasserspiegels im Filterbassin sehr wichtig. Man hat in Stuttgart zu diesem Zwecke automatische Reguliervorrichtungen an den Filtereinläufen angebracht, die aus einfachen Drosselklappen (Fig. 603), von einem Schwimmer bewegt, bestehen. Die Einlaufschieber in der Rohwasserzuleitung sind stets ganz geöffnet. Die Differenzen in dem Oberwasserspiegel von Übereichhöhe bis zur tiefsten Absenkung



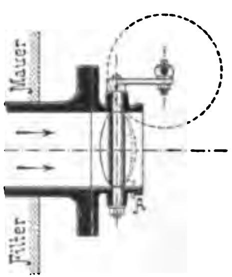


Fig. 603. Drosselklappe mit Schwimmer zur Filterregulierung.

betragen bei dieser Disposition nur 5 bis 10 Zentimeter je nach der gewählten Hebelanordnung. (In Stuttgart genügen bei normalen Neckarwasserständen 5 Zentimeter.) Sinkt indessen der Fluß oder See um beträchtlichere Höhen, so genügt die volle Öffnung der Klappe, die bei A einen Anschlag hat, damit sie im Rohr nicht klemmt, nicht mehr, und es muß die Einhaltung der konstanten Filtratwassermenge durch den Regulierschieber im Reinwasserschacht bewirkt werden.

Wo diese Schwimmereinrichtung vorhanden ist, hat der Filterwärter am Einlauf nichts mehr von Hand zu regulieren, was sich besonders bei Nachtzeit, wenn die Flußwasserstände wegen der oberhalb erfolgten Abstellungen der vorhandenen Triebwerke wechseln, als praktisch bewährt. Wird der Wasserstand im Fluß niederer, so daß das Gefälle von der Entnahmestelle im Fluß bis zum Filteroberwasser und demzufolge die Zuflußgeschwindigkeit und Zuflußmenge geringer werden, so tritt als notwendige Folge zunächst eine gewisse Absenkung des Filteroberwassers ein, sofern die Entnahme aus dem Filter die gleiche bleibt. Infolge der Absenkung des Oberwassers sinkt auch der Schwimmer und bewegt mittels des Gestänges den Hebel, der an der Drosselklappe aufgesteckt und verstiftet ist, wodurch die Klappe geöffnet wird und mehr Wasser auf das Filter zuströmt. Steigt der Flußwasserstand, so tritt das Umgekehrte ein; es läuft infolge des erhöhten Gefälles mehr Wasser auf das Filter, die Entnahme bleibt gleich, deshalb steigt auch der Filteroberwasserspiegel, hebt den Schwimmer und dieser schließt die Klappe allmählich so weit ab, bis kein Steigen mehr eintritt, sondern nur so viel Rohwasser zufließt, als Filtrat abgezogen wird.

Dieselbe Wirkung wie ein Sinken oder Steigen des Flusses hat auch die Absenkung oder Erhebung des Filteroberwassers infolge größerer oder geringerer Entnahme durch die Filtration, wie sie teils durch die Ergiebigkeit des in seiner Durchlässigkeit schwankenden Filters, teils durch die Verbrauchsschwankungen des Tagesbedarfs hervorgerufen werden. Auch hier ist die Schwimmereinrichtung ein die Aufmerksamkeit des Wärters ersetzendes Regulierorgan. Daß seine Teile alle aus Bronze erstellt, bei jeder Filterabschlammung auseinandergenommen und von Schlamm, Laub, Gras etc. gereinigt werden sollen, ist selbstverständlich. Es sei auch noch erwähnt, daß die Schwimmereinrichtung den Absperrschieber in der Rohwasserzuleitung auf das Filter nicht etwa überflüssig macht, denn eine Absperrvorrichtung ist die Drosselklappe nicht, sondern nur eine Reguliereinrichtung, die sich auch nachträglich in jedes Filter einbauen läßt.

Weil nun der Schwimmer den Zufluß nahezu abschließt, wenn der Oberwasserspiegel die Übereichhöhe fast, aber doch noch nicht ganz erreicht hat, was den Zweck hat, daß das Übereich nicht unnötig zu fließen beginnt und seine unliebsamen Wirkungen auf das Filter äußert (s. Abt. I, S. 431 unten), so tritt bisweilen der Fall ein, daß der Wasserspiegel, besonders bei offenen Filterbassins, durch Staub, Blütensamen, Laub u. s. w. zeitweise verunreinigt wird, und, da man das Abschwemmen dieser Unreinigkeiten anders als durch die Übereichöffnung nicht vornehmen kann, so muß dann der Schwimmer mit einem Gewichte (Bleiring) belegt werden, welches seinen Auftrieb überwindet und damit einen tieferen Schwimmerstand gestattet. Dadurch öffnet sich die Klappe wieder, läßt Wasser auf das Filter strömen und dieses schwemmt den Wasserspiegel in einiger Zeit rein. Nach beendigter Abschwemmung wird das Gewicht von dem Schwimmer wieder abgenommen und die Klappe schließt zufolge des Mehrauftriebes des Schwimmers zunächst den Zufluß ganz ab, bis ihr regulierendes Spiel dem jeweiligen Oberwasserstande im Filter entsprechend wieder beginnt.

Sämtliche Bewegungen der Zeiger, Skalen, Schwimmer etc. bei den beschriebenen Filtermeß- und Reguliervorrichtungen lassen sich durch geeignete Registrierapparate auf Diagrammen dauernd sichtbar machen, woraus eine sichere Filterkontrolle ermöglicht wird. Hierüber Näheres im Abschnitt VII.

Literatur

über Wassermeßvorrichtungen an Filtern und Filterregulierungsvorrichtungen.

[1] Lindley, Automatische Filterregler. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1890, S. 541. — [2] Halbertsma, Über Filterregulierapparate und die Wasserleitung in Leeuwarden. Ebenda 1892, S. 686. — [3] F. A. Meyer, Das neue Wasserwerk von Hamburg. Ebenda 1893, S. 1. — [4] Grahn, Automatische Filterregler. Ebenda 1895, S. 100. — [5] Götze, Selbsttätige Wasseraustrittsregler, besonders für Filter. Ebenda 1897, S. 169. — [6] An automatic controller or regulating weir. Eng. Rec. 1899, S. 596. — [7] Tourneaure et Russel. Public Water Supplie, New York 1901, S. 451. (Meßvorrichtungen und Registrierapparate für Filterdruck.) — [8] Fenkell, An 8 in. hydraulic gate valve on a Detroit water main, supplying River Rouge, Mich. Eng. News. April 1902, S. 306. — [9] Götze, Filterregulierungsapparate in Bremen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 110. — [10] The Didelon regulator for filter beds. Engineering 1908, S. 92.

§ 61. Verschiedene Details.

Es kommen hier diejenigen Einzelbestandteile von Wasserleitungen zur Besprechung, auf welche in den vorstehenden Kapiteln verschiedentlich hingewiesen worden und dort ihre Kenntnis stillschweigend vorausgesetzt ist. Eine eingehende Behandlung haben die Vorrichtungen erfahren, die mit den Rohrleitungen in unmittelbarer Beziehung stehen, und zwar beim Probieren und Verlegen der Stränge, ferner die Apparate zum Reinigen der Röhren von Inkrustationen, dann die derzeit verbreitetsten Systeme von Sandwäschen für Filterwerke, endlich die Wasserstandszeiger mit und ohne Fernmeldeeinrichtung. Es sind nachstehende Gruppen aufgenommen:

a) Anbohrvorrichtungen.
b) Bezeichnungen für die Lage der Einzelteile im Rohrnetz.
c) Einsteigschächte mit Schachtdeckeln, Straßenkappen.
d) Manometer.
e) Probierpumpen, Rohrpressen, Rohrausziehvorrichtungen.
f) Röhrenreinigungsapparate.
g) Sandwäschen.
h) Ventilationen und Seiher für Reservoire und Brunnenstuben.
i) Wasserstandszeiger und Fernmeldevorrichtungen.
k) Wasserverlustanzeiger, Verhinderung von Geräuschen in den Hausleitungen, Windkessel, Schutz gegen Rohrbrüche und Erdströme elektrischer Anlagen, Frostschutzeinrichtungen.
l) Verschiedenes.

a) Anbohrvorrichtungen und Rohrschellen.

In Abt. I, S. 827 ff. haben wir gezeigt, welche Methoden im allgemeinen bestehen, um Zweigleitungen vom Straßenrohre nach den Privatgrundstücken zu führen. Am bequemsten ist es — und das macht ja bekanntlich auch weniger gute Methoden beliebt — die Straßenröhren an beliebigen Stellen unter Druck (d. h. ohne die Straßenleitung abzusperren) anzubohren. Auf die damit verbundenen Nachteile haben wir in Abt. I, S. 828 hingewiesen. Im folgenden sollen nun die üblichen Einrichtungen zum Anbohren dargestellt werden; die am Straßenrohre selbst verbleibende Einrichtung ist die sogenannte Anbohrschelle, die nur vorübergehend benutzte ist die Anbohrvorrichtung.

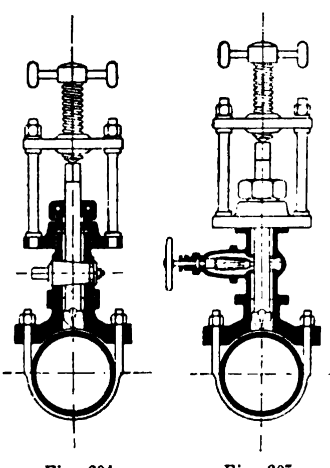


Fig. 604. Anbohrvorrichtung mit Hahnverschluß. Fig. 605. Anbohrvorrichtung mit Schieberverschluß.

Die gewöhnlichen Systeme der Anbohrvorrichtungen und Rohrschellen sind in den Fig. 604 u. 605 dargestellt. Nach Fig. 604 wird ein Rohrbügel mit einer Blei- oder Gummidichtung für die betreffende Lichtweite des Abzweiges auf das Rohr befestigt und durch den geöffneten Hahn die Bohrspindel eingeführt, die oben mit einer Stopfbüchse dicht umschlossen und an der oberen Körnerspitze mittels der Druckschraube auf die Rohrwand gepreßt wird. Die Bohrknarre wird auf das obere Vierkant der Bohrspindel gesteckt und unter allmählichem Zuspannen der Druckschraube und Hin- und Herschwingen der Rätsche die Rohrwand durchbohrt. Hierauf wird der Bohrapparat von der Hahnverschraubung abgeschraubt unter gleichzeitigem Hochziehen der Bohrspindel, und erst wenn der Bohrerkopf die Hahnöffnung passiert hat, wird der Hahn geschlossen, um den Anschluß der Leitung vornehmen zu können. Bei dieser Anbohrvorrichtung können die Bohrspäne nicht weggespült werden.

Fig. 605 zeigt dieselbe Anbohrvorrichtung mit Schieber. Da der Schieberkeil ganz aus der Lichtöffnung des Rohrs zurückgezogen werden muß, um den Bohrer einzuführen, so ist die Möglichkeit ausgeschlossen, die Dichtungsflächen zu ver-

letzen, wie es bei dem Hahnverschluß vorkommen kann. Auch bei dieser Anbohrvorrichtung können die Bohrspäne nicht ausgespült werden. Die Methoden sind also etwas unvollkommen.

In der neueren Zeit wird folgende Methode der Firma Bopp & Reuther, Mannheim, für Anbohrungen unter Druck häufiger angewendet; sie erstrebt, unter Anwendung von Spiralbohrern das Einfallen der Bohrspäne etc. in das Hauptrohr zu vermeiden und die Absperrung der Zweigleitung direkt am Hauptrohr anzubringen, so daß man letztere jederzeit fertigstellen und reparieren kann, ohne das Hauptrohr absperren zu müssen. Fig. 606 zeigt den Anbohrapparat in Tätigkeit. Aus der linken Figur ist zu ersehen, wie der Bohrer zur Arbeit fertig auf die Rohrwand niedergebracht wurde, indem er (s. rechte Figur) bei offenem Schraubsteg und geschlossenem Hahn mit der übergestreiften Stopfbüchse in die Hahnrohrhülse bis nahe auf das Hahnküken eingeführt, und nach Befestigung der Stopfbüchse, Öffnen des Hahns, Schließen des Schraubsteges, Aufsetzen der Bohrrätsche und Zuspannen der Druckschraube auf die Rohrwand gepreßt wird. Die rechte Figur zeigt nach erfolgter Durchbohrung die erwähnten Einzelhandhabungen in umgekehrter Reihenfolge, der Bohrer wird bei geschlossenem Hahn und offenem Drucksteg samt der Stopfbüchse aus der Hahnhülse wieder zurückgezogen. Während des Bohrens werden die Bohrspäne durch die seitliche Abzweigöffnung ausgespült.

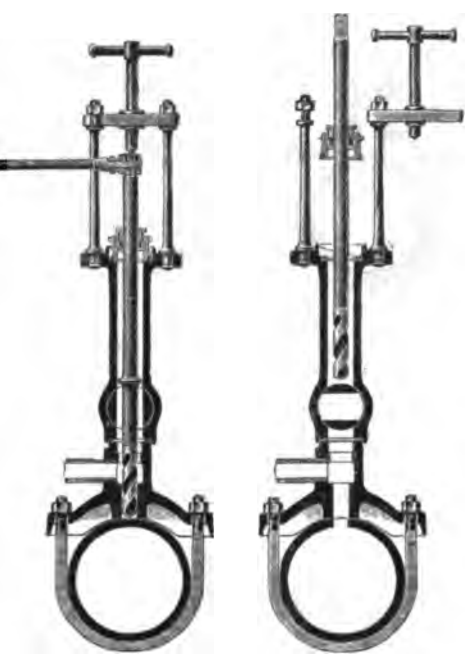


Fig. 606. Anbohrapparat von Reuther.

Kann die Abzweigung nicht sofort nach Anbohren der Hauptleitung in Benutzung kommen, so wird diese zunächst mit einem Verschlußzapfen (Stopfen), der aus Bronze bestehen muß, um Einrosten zu vermeiden, geschlossen. Auch diese Arbeit wird mittels des eben beschriebenen Apparates vorgenommen. Fig. 607 zeigt links die Einführung des Verschlußzapfens auf die Rohrschelle mit seitlichem Abzweig. Der obere Steg ist herumgeschwenkt, um die Spindel mit dem Verschlußzapfen, dem mittleren Bund zur Führung und der Stopfbüchse einbringen zu können. Sobald der Bund in der Rohrhülse sich führt, wird die Stopfbüchse aufgeschraubt, der Hahn geöffnet und die Spindel mit dem Verschlußzapfen tiefer gesenkt und in das Gewinde der Rohrschelle eingedreht. Hierbei ist der oberste Steg mit der Druckschraube nach der rechten Figur wieder auf den Stützen festgemacht. Wenn der Verschlußzapfen dicht sitzt, was am besten mit dem Ohr an etwaigem Geräusch erkannt wird oder durch Besichtigung des Leitungsendes am Abzweig, so kann der ganze Apparat abgenommen werden. Der Verschlußzapfen wird erst dann mittels Vierkantdorn wieder aufgedreht, wenn die Benutzung der Leitung verlangt wird. Der Zapfen wird nur wenig emporgeschraubt und bleibt in dem oberen Gewinde der Rohrschelle stecken. Die obere Öffnung wird, wie die folgenden Figuren zeigen, mittels Gasgewindepfropfs geschlossen oder mit einer Einbaugarnitur versehen. Aus Fig. 608 ist das Aufsetzen der Rohrschelle vor dem Anbohren ersichtlich; die obere Öffnung ist zur Aufnahme der Stopfbüchse für die Bohrspindel bereit; der seitliche Abzweig zum Ausspülen der Bohrspäne kann mit einem Hahn provisorisch geschlossen werden. Fig. 609 zeigt die Rohrschelle nach Abnahme des Anbohrapparats mit eingeschraubtem Ventilzapfen und Gestänge.

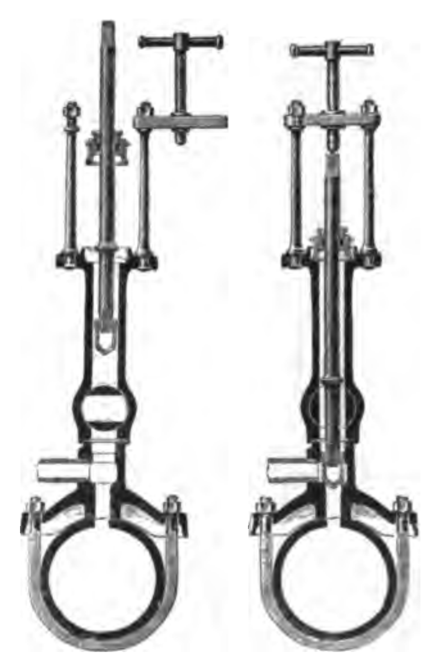


Fig. 607. Einführen des Verschlußzapfens.

die nicht selten zum Bruche führen (Freiburg i. B. hat 30 Millimeter-, Baden-Baden 25 Millimeter-Gußrohre seit 1873 bezw. 1878). Die Abdichtung des gußeisernen Rohres kann entweder mit Flanschen- oder Muffenverbindung geschehen. Gute Sicherung gegen Auseinanderschieben der Muffenrohre bietet ein sattes Einmauern des Rohrs in der Gebäudewandung und außerdem Befestigen des nächstliegenden inneren Rohrstücks an der Wand mittels Rohrschelle.

Eine eigenartige Anbohrschelle „Johmak" der Johannesfelder Maschinenfabrik Erfurt gestattet infolge zweier nebeneinander liegender Gewindemuffen, die im Rohrschellenkörper miteinander kommunizieren, das Verlegen und Abprobieren der Anschlußleitung vor dem Anbohren des Hauptrohres.

Literatur
über Anbohrschellen.

[1] Eine neue Rohrschelle der Berlin-Anhalt.-Masch.-Akt.-Ges. (Bamag). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 57. — [2] Wegnahme einer Reuterschen Anbohrschelle von einem unter Druck stehenden Wasserrohr. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 115.

b) Bezeichnungen für die Lage der Einzelteile im Rohrnetz.

(Straßenschilder für Hydranten, Absperrschieber etc.)

Um die im Straßenkörper liegenden Armaturen eines Rohrnetzes jederzeit rasch auffinden zu können, sind besondere Schilder an den Häusern, Zäunen und Wegen anzubringen, welche die seitliche und senkrechte Entfernung des Schiebers, Hydranten etc. von dem Straßenschilde ab angeben. Obschon mit den Armaturen eines Rohrnetzes in der Regel nur Fachleute: Wasserwerksbedienstete, Feuerwehrmänner, Straßenbegießer u. dgl. zu tun haben, die jeweils auf die ortsübliche Bezeichnung hin instruiert werden, so ist es doch von größter Wichtigkeit, diese Bezeichnungen allgemeinverständlich und so klar und präzis als möglich zu gestalten. Es wäre wünschenswert, daß man sich im Benehmen mit der Feuerwehr überall auf die gleiche Art der Bezeichnungen einigen würde. Wir werden im folgenden eine Reihe von Straßenschildern einer Besprechung und Erläuterung unterziehen, wobei auf die mehr oder weniger erreichte Deutlichkeit aufmerksam gemacht werden soll.

a) Bezeichnungen in Rohrnetzen mit einheitlicher Druckzone. Schilder, wie die in Stuttgart und anderen württembergischen Orten üblichen (s. Fig. 617), sind nichts weniger als klar. Ohne jeden anderen Anhaltspunkt als die Zahlen und deren gegenseitige Stellung zueinander wird in den meisten Fällen mancher im Zweifel sein, ob der Hydrant oder Schieber links oder rechts vom Schild zu suchen ist. Besser sind schon die Bezeichnungen, wie sie in den Fig. 618 u. Fig. 619 dargestellt wurden. Der Hydrantschild in Fig. 619 (von Bopp & Reuther in Mannheim) ist der Anforderung hinsichtlich Klarheit insofern gerecht geworden, als durch den aufgegossenen Pfeil die Richtung angegeben wird, in welcher der Hydrant bezw. Schieber liegt. Das ist zunächst die Hauptsache. Man muß bedenken, daß das Straßenschild gerade dann der unentbehrliche Wegzeiger sein soll, wenn die anderen Orientierungsmittel, z. B. die Schachtkasten, infolge von Finsternis oder einer Schneedecke oder durch Straßenmorast unsichtbar geworden sind, besonders in Brandfällen für ein meist mehr oder weniger aufgeregtes Personal. Ist einmal die Richtung sicher, nach welcher man seitwärts vom Schild zu gehen hat, so findet sich die senkrecht zur Häuserflucht belegene Stelle leichter, da die Hydranten meist in nicht sehr wechselnder Entfernung von der jeweiligen Baulinie (Hausflucht) angeordnet sind. Sitzen z. B. die Hydranten auf dem Hauptstrang (vgl. Fig. 619) und ist die Bedienungsmannschaft darüber klar, so behält der Abstand in demselben Straßenzug fast ausnahmslos die gleiche Größe, ob nun

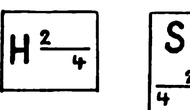


Fig. 617. Hydrant- und Schieberschild. (Nicht empfehlenswert.)



Fig. 619. Disposition eines Hydrantschildes an einer Hausecke.

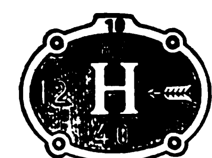


Fig. 618. Hydrantschild von Bopp & Reuther.

ein kreisrundes Stück von der Rohrwand herausfräsen. Damit das herausgeschnittene Stück nicht in das Rohr fällt, bohrt sich die Körnerspitze mit ihrem Gewinde gleichzeitig in die Scheibe ein

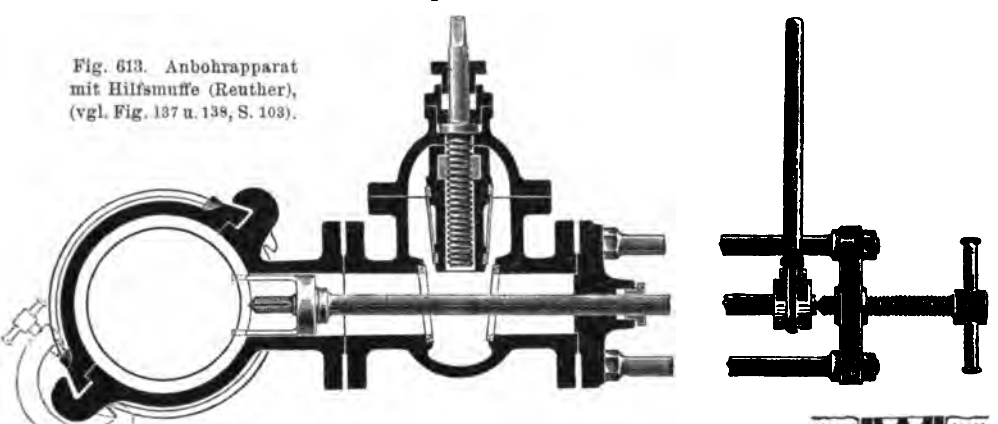


Fig. 613. Anbohrapparat mit Hilfsmuffe (Reuther), (vgl. Fig. 137 u. 138, S. 103).

und diese kann dann mit dem Bohrer nach Entfernen des Bohrapparats herausgezogen werden.

Wird die Abzweigung nicht in eine Rohrschelle verlegt, sondern in eine gelegentlich eines Rohrdefekts eingebaute Doppelmuffe, die wohl auch bei Neulegungen von Rohrsträngen vorkommt, so stellt man zuweilen die Absperrvorrichtung für die Abzweigung nach Fig. 614 her, wo wieder wie bei Fig. 612 der Ventilkörper oben mittels Stopfbüchse verschlossen und die Ventilspindel mit Gestänge in einer Einbaugarnitur untergebracht ist. Die Doppelmuffe ist in Fig. 615 im Längsschnitt zu ersehen. Die im Strange mitzumessende Baulänge *a* dieser Doppelmuffe ist gleich der Lichtweite des Rohrs *D*.

Fig. 616 zeigt einen fertiggestellten Hausanschluß mit Reuthers Anbohrventilrohrschelle und Einbaugarnitur. Die einzige Dichtungsstelle an der Rohrleitung vom Hauptrohr ab bis zum Gebäudeinnern ist die am Beginn der Leitung bei der Rohrschelle. Die ganze Anschlußleitung wird durch das Ventil in der Rohrschelle abgesperrt, welches zugleich die Entlüftung des Hauptrohrs an dieser Stelle ermöglicht. Das Hauptrohr bleibt beim Anbohren nach dem im vorangehenden mitgeteilten Verfahren im Betrieb. Die Anlage ist in Fig. 616 bezüglich der Ableitungsröhren nur schematisch gezeichnet; für Städteversorgungen werden in neuerer Zeit fast ausschließlich gußeiserne Röhren genommen, und zwar in Lichtweiten womöglich nicht unter 40 Millimeter, außer bei sehr hohen Leitungsdrücken, da kleinere Kaliber bei den nachfolgenden unvermeidlichen Graben- und Trottoireinsenkungen schädliche äußere Beanspruchungen erleiden,



Fig. 614. Abzweigung mit Ventildoppelmuffe von Reuther.

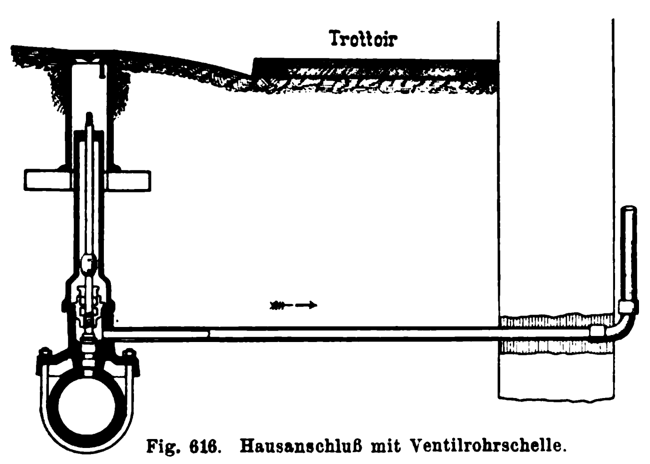


Fig. 616. Hausanschluß mit Ventilrohrschelle.

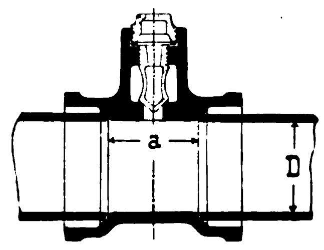


Fig. 615. Anschlußmuffe.

Verzeichnis der Zonenverbindungsschieber im Stadtrohrnetz von Stuttgart.

Nutzwasser

Zwischen See- und Neckarwasser (Druckregulator) (Niederdruck) (Res. Kanonenweg)

Schieber Nr.	Lichte Weite	Nähere Bezeichnung des Schiebers
34	175	Tübinger- bei der Paulinenstraße
165	200	Tübinger- bei der Paulinenstraße
783	350	Fangelsbachstraße bei Nr. 1
784	200	Silberburg- b. d. Tübingerstr. V.S.
72	100	Paulinen- bei der Marienstraße
456	150	Hohenstaufenstraße bei Nr. 11
78	100	Augusten- bei der Paulinenstraße
309	125	Rotebühl- unterh. Silberburgstr.
89	100	Weimar- bei der Kasernenstraße
136	100	Ludwig- bei der Silberburgstraße
61	175	Silberburg- b. d. Gutenbergstraße
196	100	Kasernen- bei der Johannesstraße
471	100	Schloß- bei der Johannesstraße
235	175	Militärstraße bei Nr. 42
392	100	Lindenspür- b. d. Johannesstraße
476	125	Silberburg- bei der Forststraße
416	100	Falkert- bei der Militärstraße
92	100	Forst- bei der Seidenstraße
368	100	Seiden- Forststr.- g. Militärstraße
379	100	Lerchen- bei der Büchsenstraße
211	100	Hegelstraße beim Tiergartenweg
452	100	Herdweg bei d. Wiederholdstraße
698	150	See- und Sattlerstraße
60	80	Kreuserstraße bei Nr. 15

Zwischen See- und Neckarwasser (Druckregulator) (Hochdruck) (Uhlandshöhe)

Schieber Nr.	Lichte Weite	Nähere Bezeichnung des Schiebers
823	200	Paulinen- bei der Tübingerstraße
587	250	Schickard- bei d. Böblingerstraße
377	250	Adler- bei der Böblingerstraße

Zwischen Seewasserreservoir und Druckregulator

Schieber Nr.	Lichte Weite	Nähere Bezeichnung des Schiebers
778	100	Hohenzollern- b. d. Humboldtstr.
579	100	Reinsburgstraße bei Nr. 96
399	100	Augusten- bei der Schwabstraße
374	100	Schwabstraße bei Nr. 22
41	100	Rotebühlstraße bei Nr. 119 B
475	100	Gutenbergstraße bei Nr. 65
633	150	Ludwig- bei der Schwabstraße
534	175	Vogelsang- bei der Schwabstraße
439	100	Elisabethen- bei d. Schwabstraße
397	150	Moltke- bei der Hasenbergstraße
373	150	Schwabstraße bei Nr. 58
404	150	Gutbrod- bei der Moltkestraße
674	125	Forst- bei der Spittastraße

Zwischen Neckarwasser-Hoch- u. Niederdruck (Res. Uhlandshöhe) (Res. Kanonenweg)

Schieber Nr.	Lichte Weite	Nähere Bezeichnung des Schiebers
81	100	Wera- bei der Moserstraße V.S.
40	150	Olga- bei der Charlottenstraße
77	175	Olga- bei der Blumenstraße
850	100	Blumen- bei der Charlottenstraße
149	100	Alexander- b. d. Charlottenstraße
39	100	Olga- bei der Wilhelmstraße
321	200	Wilhelm- bei der Heusteigstraße
825	350	Mozart- bei der Christophstraße
504	100	Heusteig- b. d. Fangelsbachstr. V.S.
567	100	Cotta- bei der Heusteigstraße
546	100	Römer- bei der Heusteigstraße
571	100	Kolb- bei der Heusteigstraße
449	175	Hauptstätter- bei der Kolbstraße
272	200	Marienplatz b. d. Böblingerstraße
423	100	Weißenburgstraße bei Nr. 8
412	100	Alexander- bei der Lorenzstraße

Quellwasser

Zwischen Wannen- und Vogelsangwasser

Schieber Nr.	Lichte Weite	Nähere Bezeichnung des Schiebers
126	100	Lindenstraße bei Nr. $7^1/_2$
184	125	Hospitalstr. b. d. Hospitalkirche
181	100	Berg- bei der Langestraße
114	100	Kasernen- bei der Seidenstraße
113	100	Seiden- bei der Kasernenstraße
288	100	Hasenberg- b. d. Reinsburgstraße

Zwischen Wannen- und Koppentalwasser

Schieber Nr.	Lichte Weite	Nähere Bezeichnung des Schiebers
82	100	Schelling- bei der Seestraße
684	100	Jäger- bei der Kronenstraße

Stand vom 16. August 1902.

von bestehenden Baulinien, Marksteinen u. dgl. aus gemessen, und die auf N.N. bezogenen Höhenlagen der betreffenden Stellen einer Leitung stets ziffermäßig evident zu erhalten. Sehr instruktiv und für eine schnelle Orientierung geeignet erweisen sich bei Wandplänen die Bezeichnungen mit Stecknadeln, deren Köpfe von blauem Glas für die eingebauten Absperrschieber, von rotem Glas für die Hydranten sind. Zonenschieber erhalten größere Stecknadeln mit gelben Glasköpfen.

c) Einsteigeschächte und Zubehör.

Einsteigeschächte nennt man die über Schiebern, Streifkasten und anderen Armaturen von Rohrleitungen (Rohrnetzen) geschaffenen unterirdischen Räume, die entweder durch ein Einsteigkamin mit Leiter oder Steigeisen oder direkt zugänglich sind. Die Kamine sind sodann nach oben durch sogenannte Schachtdeckel abgeschlossen, welche neben diesem Abschlusse noch anderen Zwecken, z. B. der Ventilation, dienlich sein können. Darüber, ob Einsteigschächte zweckmäßig sind, gehen die Ansichten auseinander. Für die Anlage derselben wird geltend gemacht, daß Armaturen, wie Schieber, Teilkasten, Luft- und Ablaßventile, jederzeit der Besichtigung und Reparatur leicht zugänglich sein müssen, auch weniger leicht verderben, wenn sie nicht in den Boden eingegraben werden, und daß es — besonders in Straßen mit starkem Verkehr — ein großer Vorteil ist, wenn man solche Armaturen auswechseln kann, ohne aufgraben zu müssen. Die Gegner der Schachtanlagen heben die Kostspieligkeit und die Gefahr derselben für das Betriebspersonal hervor und bestreiten auch die Möglichkeit bequemer Auswechslung der Armaturen. Daß die Einsteigschächte ziemlich große Anlagekosten verursachen, ist nicht zu bestreiten. Die Gefahren für das Betriebspersonal bestehen in erster Linie darin, daß nicht selten in Städten Leuchtgas entweicht, welches in die unterirdischen Räume des Schachtes eintritt und dann, wenn der Arbeiter Licht anzündet, um revidieren zu können, explodiert; auch Gasansammlungen anderer Art können den Arbeitern gefährlich werden. Das Besteigen der Schächte ist unter Umständen, z. B. bei Frost und Schneewetter, beschwerlich, weil die Schachtdeckel dann schwer abzuheben sind; im Betriebe ist es auch — wenigstens in stark befahrenen Straßen — kostspielig, weil es eine besondere Bewachung der Einsteigöffnung bedingt. Anderseits wird geltend gemacht, daß das Eingraben von Schiebern, Teilkasten etc. in den Boden für die Haltbarkeit dieser Armaturen nicht von Nachteil sei und daß die zu bedienenden Vorrichtungen an denselben zum Öffnen und Schließen durch einfache Schutzröhren mit Straßenkappen, die mit Bezeichnungen an den Häusern (s. S. 468) genau orientiert werden können, ebenso sicher gebrauchsfähig zu gestalten seien, wie bei den Einsteigschächten. Die Unterbringung dieser Armaturen in Schächten schütze keineswegs vor unliebsamen Verwechslungen, und bei eingeübten Arbeitern werden solche auch dort nicht vorkommen, wo nur Schutzröhren und Straßenkappen über den Schiebern angebracht sind. In der Regel seien die Armaturen so gut gebaut, daß Reparaturen äußerst selten vorkommen, so daß die Befürchtungen von Verkehrsstörungen durch häufiges Aufgraben unbegründet seien u. s. w. Obschon es vergebliche Mühe wäre, die gegen Einsteigschächte voreingenommenen Fachgenossen von ihrem Vorurteil abzubringen, wollen wir doch hier hervorheben, daß Einsteigschächte auch heute noch bei vielen Neuanlagen errichtet werden, und daß ältere Wasserwerke, die mit solchen Schächten versehen sind, nur sehr ungern auf dieselben verzichten würden.

Sollen die Einsteigeschächte zweckmäßig sein, so müssen sie so eingerichtet werden, daß man in denselben genügend Raum findet, um Flanschverbindungen sicher nachziehen und lösen bezw. Muffenverbindungen nachstemmen und ausschmelzen zu können. Ferner muß das Einsteigkamin bezw. die Schachtöffnung gegen die Straße hin so groß sein, daß die im Schachte befindlichen, der Auswechslung unterliegenden Armaturen durch dieselbe — sei es ganz oder geteilt — leicht ein- und ausgebracht werden können. Bei geringen Schachttiefen müssen die unterirdischen Räume durch hölzerne Zwischenböden, die mit Stroh etc. belegt sind, auch hinreichend gegen Frost geschützt werden.

Im übrigen kommen — vgl. in Abt. I die Fig. 155, 167, 180, 181, 235, 347, 360, 425 — sehr verschiedene Anordnungen in Betracht. Grundsätzlich sind zu unterscheiden die Schächte, bei welchen feste Leitern oder Steigeisen das Besteigen ermöglichen, und jene, bei welchen der Arbeiter entweder eine Steigleiter zur Bedienung mitbringen oder sich ohne eine solche in den Schacht begeben und wieder aussteigen muß.
Zu der ersten Art gehören die aus den obengenannten Figuren der ersten Abteilung ersichtlichen Anordnungen. Schächte der zweiten Art sind in den Fig. 622 bis 624 dargestellt; in den Fig. 623 u. 624 wurde auf den Teilkasten ein Hydrant aufmontiert, in Fig. 622 eine gewöhnliche Entlüftung und Entleerung.

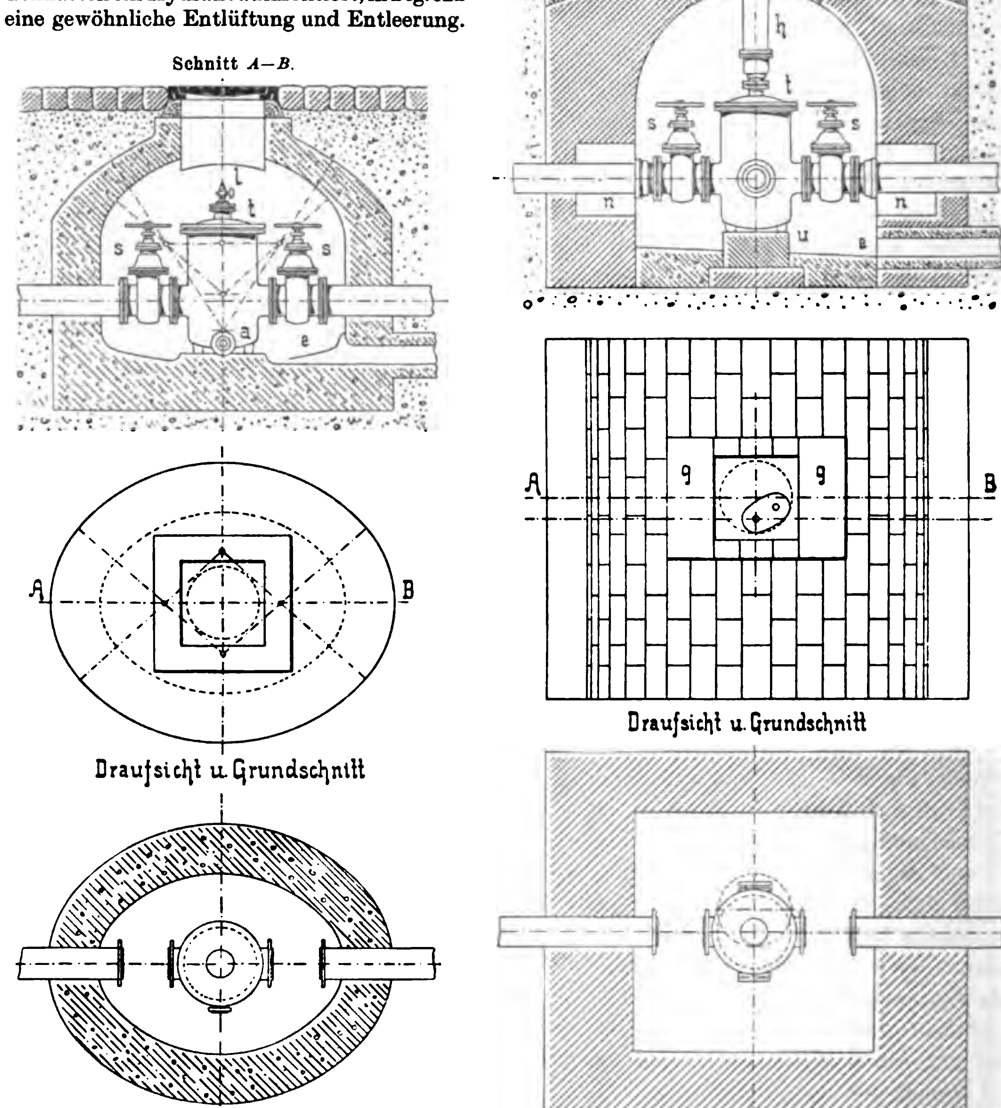


Fig. 622. Teilkastenschacht aus Beton (Lahr). M = 1 : 50.

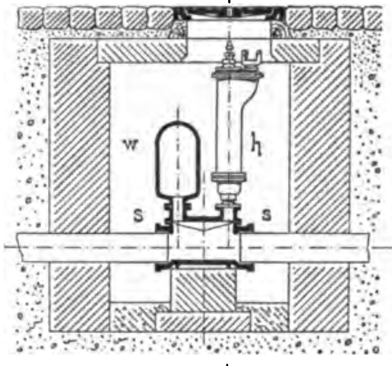
Fig. 623. Teilkastenschacht aus Mauerwerk (Lahr). M = 1 : 50.

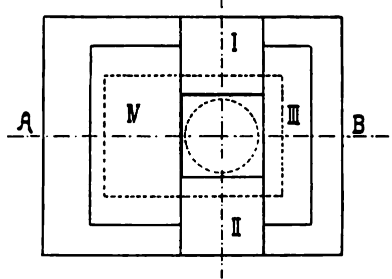
Um einzelne Strecken getrennt spülen zu können, sind zu beiden Seiten des Schlammkastens (Teilkastens) *t*, Fig. 622, Schieber *s* angeordnet. Soll z. B. die rechtseitige Rohrstrecke gespült werden, so bleibt der rechtseitige Schieber offen, der linkseitige wird geschlossen und der Ablaß *a* wird geöffnet. Das ausströmende Wasser findet bei *e* seinen Abfluß ins Freie bezw. in eine Kanalisation. Ist der Entwässerungskanal *e* an eine Kanalisation angeschlossen, so

wird er zur Verhütung des Eindringens von Kanalgasen in den Schacht mit einem Siphon (s. § 58, Fig. 421, S. 266) versehen. Wie aus dem Schnitt AB (Fig. 622) zu ersehen, ist der Schacht ganz in Beton erstellt und befindet sich in gepflasterter Fahrbahn. Der gußeiserne Einsteigschachtkasten liegt auf einem Hartholzrahmen, wodurch erreicht werden soll, daß mit dem Abfahren und Einsinken der umgebenden Pflastersteine auch der Schachtkasten nachgiebig wird, da er sonst, wenn er auf gemauerter Unterlage ruht, bald über den abgefahrenen Steinen hervorsteht. Soll eine der anschließenden Rohrstrecken frisch gefüllt werden, so dient der obere Hahn l am Deckel zur Entlüftung der Leitung.

Schnitt A—B.







Draufsicht u. Grundschnitt

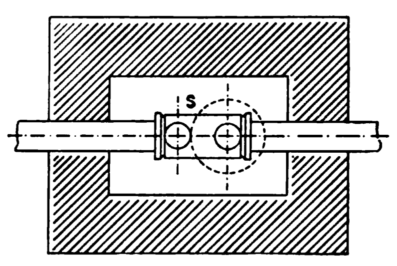


Fig. 624. Spuntkastenschacht mit Hydrant und Windkessel (Lahr). M = 1 : 50.

Fig. 623 zeigt einen Teilkastenschacht mit aufgesetztem Hydranten. In dem Schnitt AB ist gezeigt, wie sich ein Teilkasten mit vier Abgängen, zwei Schiebern und einem Hydranten in einem aus Mauerwerk erstellten Schacht unterbringen läßt. Der Hydrant reicht mit dem Oberteil bis fast an das Straßenpflaster herauf, gegen Einfrieren sorgt die Entwässerung des Hydrantrohrs h. (Vgl. S. 243, Fig. 391.) Die Sohle im Lichten des Schachtes ist ausbetoniert, der Entwässerungskanal e führt rechts unten ab, der Teilkasten sitzt auf einem Quader u mit Zement untergossen. Die beiden Nischen $n\,n$ dienen zum Verstemmen der Bleidichtungen an den Ansatzstücken der Schieber s. Das Schachtgewölbe ist für die quadratische Einsteigöffnung mit Sturzquadern $g\,g$ abgedeckt. Die Oberfläche des Schachtgemäuers ist mit einer Mörteldecke abgedichtet. Der gußeiserne Schachtdeckel ruht wie bei Fig. 622 auf einem Eichenholzrahmen.

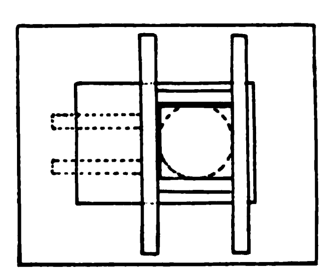
In Fig. 624 ist ein Spuntkastenschacht mit Hydrant dargestellt. Soll die Leitung durch den Hydranten h gespült werden, so bedient man sich hierzu der vorhandenen Spuntkasten s, die zugleich die Anordnung eines Windkessels w gestatten, der in Wirksamkeit tritt, wenn der Hydrant geschlossen wird. Eine Schwierigkeit bildet nur das Gefüllthalten des Windkessels mit Luft (siehe § 59 bei Wasserkran und unten bei „Windkessel"). Aus dem Schnitt AB und der darunterliegenden Draufsicht ist die Abdeckung des Hydrantschachtes, der in gepflasterter Fahrbahn liegt, zu entnehmen; sie besteht hier aus den Steinplatten I bis IV von 18 bis 20 Zentimeter Stärke, welche für enge Straßen, die nicht mit der Dampfwalze befahren werden dürfen, genügen mag. Die Auflage der Platten I und II muß wegen Kippens über die ganze Breite des Mauerwerks sich erstrecken. Für verkehrsreichere Straßen ist der Schacht zu überwölben oder mit eisenbetonierten Balken abzudecken, die von Fall zu Fall (für Dampfwalzenbelastung mit 5 Tonnen Raddruck) zu berechnen sind, wie nachstehend gezeigt wird.

Für einen nach Fig. 624 angeordneten Einsteigschacht, der mit Eisenbalken überdeckt werden soll, kann der Trägerrost für den Schachtdeckel nach Fig. 625 oder 626 mittels der bekannten Momentengleichung für frei aufliegende, in der Mitte durch eine Einzellast auf Biegung beanspruchte Balken (der ganze Raddruck auf einen Balken gedacht) berechnet werden, welche lautet $0{,}25 \,.\, P\,l = s\,W$; hierin ist P die Einzellast $= 5000$ Kilogramm, l die Entfernung zwischen den Auflagern in Zentimeter, s die zulässige Spannung des Trägermaterials $= 600$ Kilogramm-Quadratzentimeter bei Eisenbalken mit wechselnder Belastung, W das Widerstandsmoment in Kubikzentimeter, bezogen auf die Neutralachse des Trägers, die durch die Mitte des senkrechten Steges zwischen den Flanschen geht. Wird Fig. 625 gewählt, so ergibt sich z. B. bei $l = 80$ Zentimeter: $W = 166$ Kubikzentimeter, was einem I-Träger von Normalprofil 18 entspricht. Bei Auflage der Träger nach Fig. 626 und $l = 120$ Zentimeter wird $W = 250$ Kubikzentimeter, wozu Normalprofil 21 gehört.

Es hängt vielfach von den Einbauten in einem Schacht ab (Ablaß-, Entlüftungsventilen), ob die eine oder andere Trägerrostanordnung zweckmäßiger ist, da für die Bedienung dieser Ein-

bauten von außen noch Straßenkappen in dem zwischen den I-Trägern eingebrachten Beton Platz finden müssen und daher hiernach die Disposition zu treffen ist. Bedingung bei den Trägerrosten ist, daß die Zwischenbalken in die Längsträger solide eingepaßt und mit Winkellaschen durch Nieten befestigt werden. Die gußeisernen Schachtkastenrahmen werden, um eine satte Auflage auf dem Trägerrost zu ermöglichen, in Zementmörtel versetzt.

Der Anordnung nach Fig. 625 wird in den meisten Fällen der Vorzug gegeben, weil sie kürzere und leichtere Träger verlangt und hauptsächlich deshalb, weil die unausbleiblichen Durchbiegungen beim Befahrenwerden mit Dampfstraßenwalzen etc. Lockerungen in den Vernietungen und Abbröckelungen in dem zwischenliegenden Beton zur Folge haben, die um so größer werden, je größer die Entfernung l zwischen den Auflagern ist. Bei beschränkter Konstruktionshöhe (seichtliegendem Strang) und größerer Flächenausdehnung kann die Verwendung der neueren sogenannten Grey-Träger (Doppel-T-Träger, die ebenso breit als hoch sind) Vorteil bieten, da ihr Widerstandsmoment nahe doppelt so groß ist als bei Normalprofilen; sie werden zur Zeit aber nur bis herab auf 180 Millimeter Höhe und Breite gewalzt. Die Betonierung der freien Flächen zwischen und neben dem Trägerroste kann mittels zwischenliegender Zores-Eisen erfolgen, wie in den beiden Fig. 625 u. 626 punktiert angegeben. Die Auflager der I-Träger auf dem Schachtgemäuer müssen entsprechend der Belastung durch die Straßenwalze so bemessen sein, daß der Flächendruck des Balkens auf den Stein 10 Kilogramm-Quadratzentimeter nicht übersteigt.



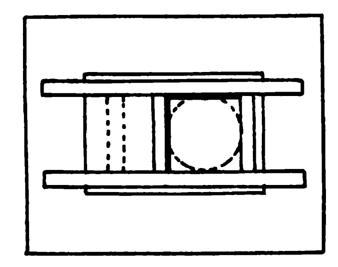
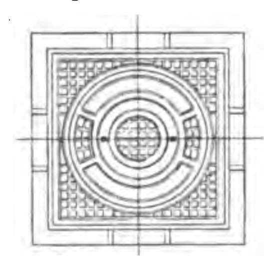
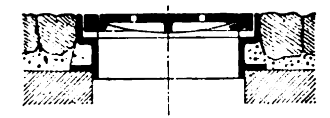




Fig. 625. Querliegender — Fig. 626. Längsliegender schmiedeiserner Trägerrost für Schachtabdeckungen. M = 1 : 50.

Die Abdeckung der Einsteigschächte erfolgt durch **Schachtdeckel**, die entweder den Abschluß gegen die Straße oder gegen Gehwege bilden; im ersten Falle müssen sie besonders widerstandsfähig gegen den Angriff der Fuhrwerke sein, im letzteren Falle können sie erheblich leichter konstruiert werden. Die Deckel selbst sind jetzt immer kreisrund, statt der früher gebräuchlichen ovalen, die wohl zum Besteigen bequemer, aber mit dem Übelstand behaftet waren, daß sie bei unvorsichtigem Ablegen gelegentlich in die ovale Öffnung fielen und die Leitungen zertrümmerten. Die Anordnungen sind sehr verschieden und sollen an einzelnen bewährten Beispielen erläutert werden. Auch dienen in der Literatur [1] bis [5] zur näheren Orientierung.





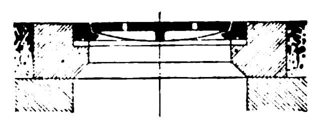


Fig. 627. Schwerer Schachtdeckel für Fahrbahnen.

Schwere Schachtdeckel für Fahrbahnen. Zur Abdeckung von Schächten in gepflasterten oder chaussierten Straßen werden starke gußeiserne Deckel in dreiteiligem oder zweiteiligem System verwendet. Die mittlere Zeichnung in Fig. 627 stellt einen dreiteiligen Schachtkasten dar, wobei das Oberteil (der Rahmen) und der Deckel ausgewechselt werden können, wenn sie durch Fuhrwerke abgenutzt sind, während das Unterteil im Straßenkörper verbleibt. Die untere Figur gilt für zweiteilige, den Rahmen und den Deckel, während ein Abdeckquader die restliche Öffnung des Schachts überdeckt. Die sichtbare Oberfläche der Kasten und Deckel muß rauh gewürfelt sein, um Schutz gegen Ausgleiten zu bieten.

Statt der Abdeckquader (Kranzquader) werden besser gußeiserne Schachtrahmen verwendet, an welche direkt angepflastert wird, wie dies in der mittleren Fig. 627 ersichtlich ist.

Württembergischer normaler Straßenschachtkasten. Dieser zusammen aus drei Stücken bestehende gußeiserne Schachtkasten (Fig. 628) wird nur in Fahrbahnen an Straßen und Plätzen angewendet; nach Abnützung der oberen geriffelten Fläche werden Deckel und Rahmen durch neue ausgewechselt; die untere Zarge bleibt stets unversehrt erhalten.

Die lichte Einsteigöffnung beträgt 470 Millimeter an der engsten unteren Stelle. Der Deckel ist so stark, daß Dampfwalzen darüber fahren können, ohne ihn zu zerbrechen. Die äußeren Maße des Rahmens sind 725 × 580 Millimeter, das Gesamtgewicht 170 Kilogramm. Für die Befestigung der Hydrantstandröhren im Schachte ist unterhalb des Deckels der Hydrantsteg aus schmiedeeisernen Rohrschellenträgern angebracht, welche beim Besteigen des Schachts seitlich aus der Lichtöffnung geschwenkt werden können.

Fig. 629 zeigt die Anordnung eines Deckelverschlusses, wie er zuweilen in abgelegenen Straßen, um unbefugtes Öffnen des Deckels zu verhüten, angewendet wird. Mittels eines Steckschlüssels, der ein viereckiges oder dreieckiges Loch hat, wird der versenkt liegende Dorn gedreht, dessen oberes Ende in den betreffenden Schlüssel paßt. Der Dorn trägt am unteren Ende eine runde, auf einer Seite abgeschnittene Scheibe, die bei geöffnetem Verschluß das Ausheben des Deckels gestattet, bei geschlossenem Deckel um 180 Grad verdreht, sich mit der größeren Flanschseite unter den Deckelfalz schiebt.

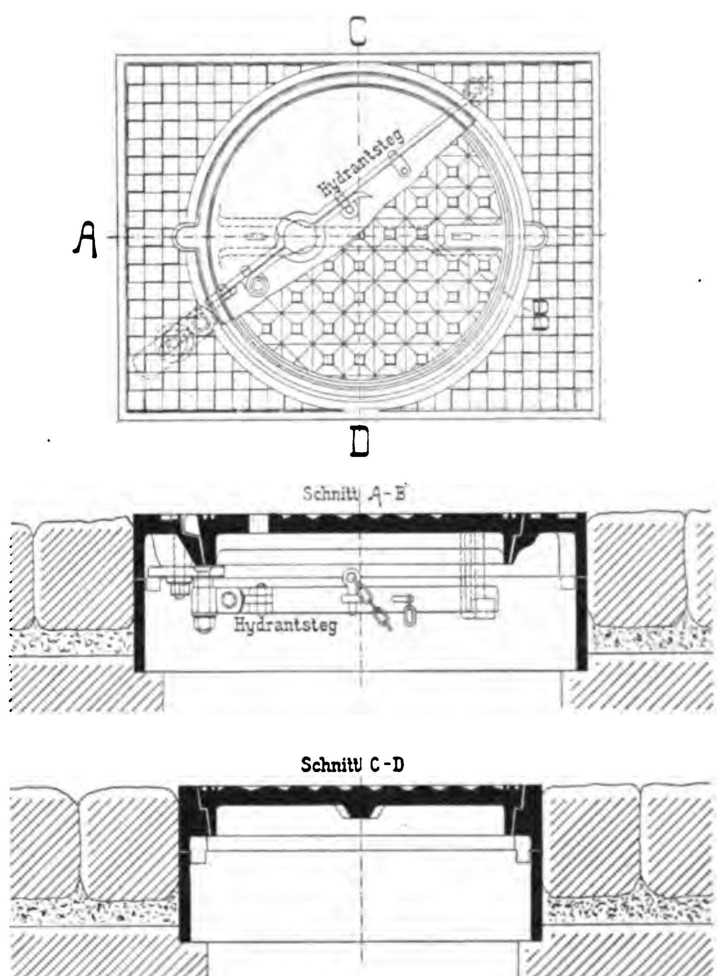


Fig. 628. Württembergischer normaler Straßenschachtkasten. M = 1 : 12.

Leichte Schachtdeckel für Reservoire, Gehwege etc. Württembergischer normaler Feldschachtkasten. Für nicht mit Fuhrwerken befahrene Schächte, z. B. in Garten- und Feldanlagen etc., wird ein leichter, nur aus Rahmen und Deckel bestehender Kasten verwendet, (Fig. 630 u. 631), dessen äußerste Maße 900 × 900 Millimeter sind; das Gewicht beträgt 110 Kilogramm. Der Kasten genügt für Öffnungen von 800 × 800 Millimeter. In Schnitt *C D* ist die bei allen Schachtkasten nötige Vertiefung ersichtlich zum Einsetzen eines Eispickels, im Schnitt *E F* die gegenüberliegende Verstärkung, da ziemliche Gewalt angewendet werden muß, um zugefrorene Deckel zu öffnen. Der Deckel ist mittels diametral gegenüber unter den Ringfalz sich schiebender Riegel verschließbar, welche durch einen Dreikantschlüssel von der Mitte aus bewegt werden können, siehe Schnitt *A B* in Fig. 630 und Grundriß Fig. 631.

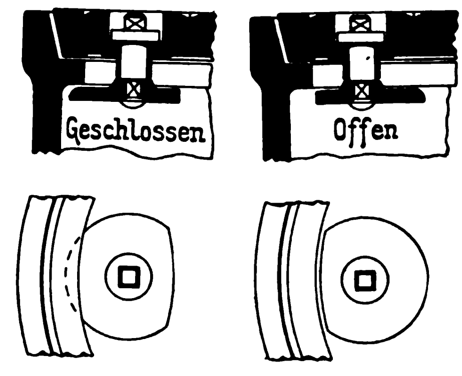


Fig. 629. Deckelverschluß zu Schachtkasten.

Wasseralfinger Einsteigschachtkasten. Die Fig. 632 stellt Schnitte und Seitenansicht, Fig. 633 den Grundriß eines gußeisernen Schachtkastens und Schachtdeckels für Reservoire

dar. Bemerkenswert ist bei dieser Konstruktion, daß durch Neigung der Deckelflügel gegen die Horizontale und durch wellenförmiges Übergreifen derselben genügend gegen den Eintritt von Tagwasser vorgesorgt ist. Der Verschluß selbst wird, nach Abnahme der eingeschraubten Schutzhülse durch einen besonderen Ringschlüssel (s. die Form im Grundriß Fig. 633), vermittels eines Dreikantschlüssels betätigt, welcher unter Drehung des Dornes *D*, und des Ringes *E* den Riegel bei *F* vor- oder zurückschiebt. Als Riegelführung dienen an den Deckel angegossene Laschen. Um ein Festrosten des Schlosses zu verhindern, ist der Drehbolzen in einer Bronzehülse gelagert und der Ring aus Bronze hergestellt. Ausgeführt wird dieses Modell nach den Angaben von E h m a n n durch das Kgl. Hüttenwerk Wasseralfingen. Der Dorn *D*,, der oben ein Dreikant für den Schlüssel hat, in der Mitte rund ist wegen der Führung und unten ein Vierkant trägt, bildet das wichtigste Glied des Verschlusses. Insbesondere das verdeckt liegende Vierkant des Dornes, welches die eigentliche Kraftübertragung auf die Riegel zu bewirken hat, muß von ansehnlicher Stärke sein, damit die Kanten nicht so leicht abgenutzt werden. Es kommt vor, daß bei abgeriebenem Vierkant das Öffnen eines solchen Schachtdeckels unmöglich wird, da sich der Dorn alsdann in der Scheibe *E* dreht, ohne daß die Riegel bewegt werden. Weil außerdem die Gelenkbolzen in den Angeln gegen Herausnehmen gesichert und von innen mit Stellschraube befestigt sind, so bleibt dann nichts übrig, als den ganzen schweren Kasten auszugraben, um in die Einsteigöffnung zu gelangen.

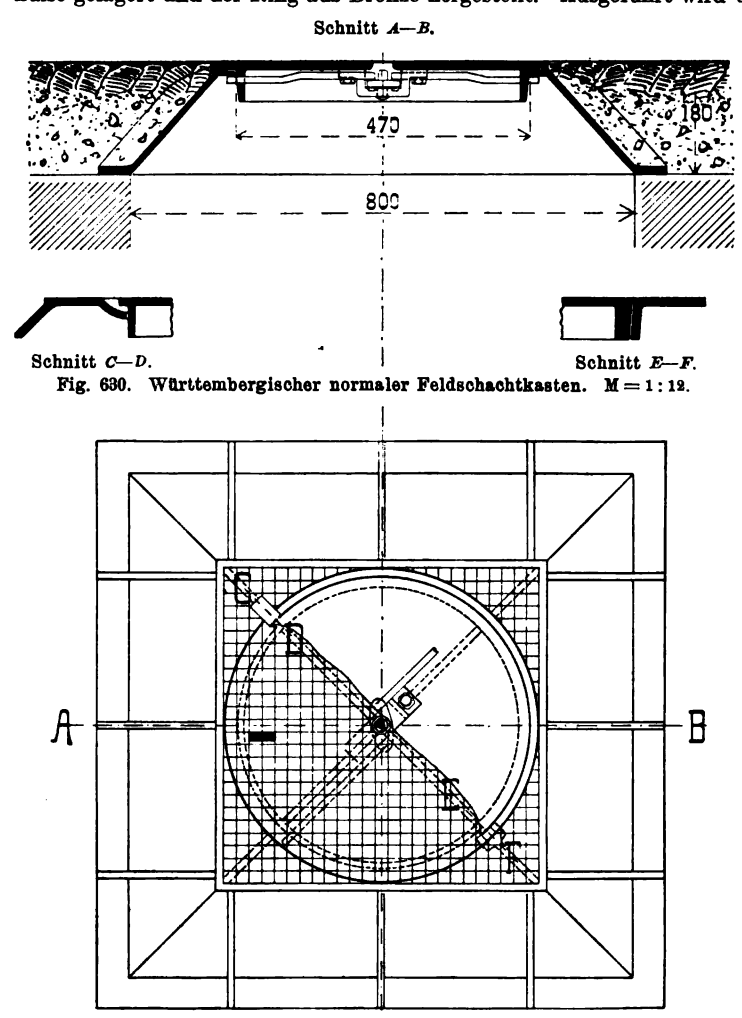


Fig. 630. Württembergischer normaler Feldschachtkasten. M = 1 : 12.

Fig. 631. Grundriß des württembergischen normalen Feldschachtkastens.

G u ß e i s e r n e Z i s t e r n e n a b d e c k u n g. Diese aus 8 Segmenten zusammengeschraubte Abdeckung ruht in einem gußeisernen gefalzten Ring, der in der Schachteinfassung eingegossen liegt (Fig. 634). Der gußeiserne Einsteigdeckel ist kreisrund von 0,65 Meter lichter Öffnung und wird nach Schnitt *C D* und Grundriß mit einem schmiedeisernen Bügel und Vorsteckschloß gesperrt. Der Deckel kann ganz abgehoben und beiseite gelegt werden. Von der Einsteigöffnung abwärts in den Schacht führt eine schmiedeiserne Leiter, die oben an der gußeisernen Schachtabdeckung fest angeschraubt ist. Die schmiedeisernen Leiterholme werden in der Regel aus Flacheisen 40 × 16 bis 60 × 16 Millimeter je nach der Länge der Leiter angefertigt (bei Schachttiefen über 5 Meter aus Winkeleisen 60 × 60 × 10) und haben 400 Millimeter lichte Weite zwischen den Holmen. Die aus Rundeisen bestehenden Leitersprossen sind 22 bis 25 Millimeter stark, an den beiden Enden um 2 bis 3 Millimeter schwächer abgesetzt und werden mit den abgesetzten Enden je in einen Holm eingenietet. Die Sprossenteilung soll 30 Zentimeter nicht übersteigen, da sonst die Benutzung der Leiter, besonders wenn beim Tragen von Gegenständen eine Hand nicht frei ist, ermüdet und das Ein- und Aussteigen

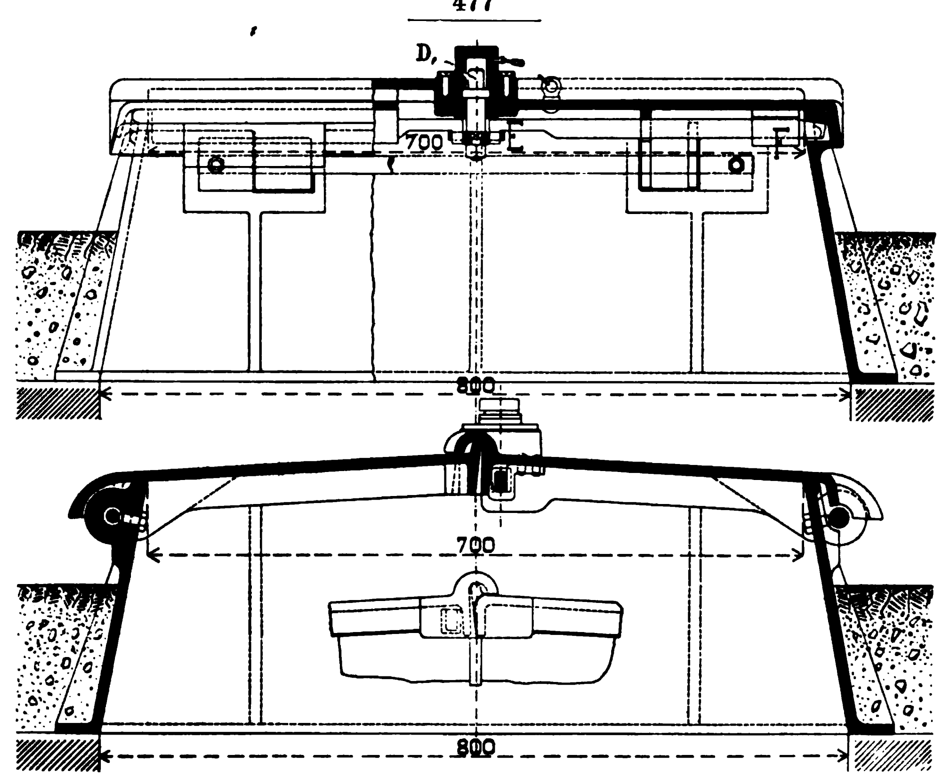


Fig. 632. Wasseralfinger Einsteigschachtkasten.
Obere Figur: Schnitt *A—B* nach Grundriß Fig. 633. Untere Figur: Schnitt *C—D* nach Grundriß Fig. 633.

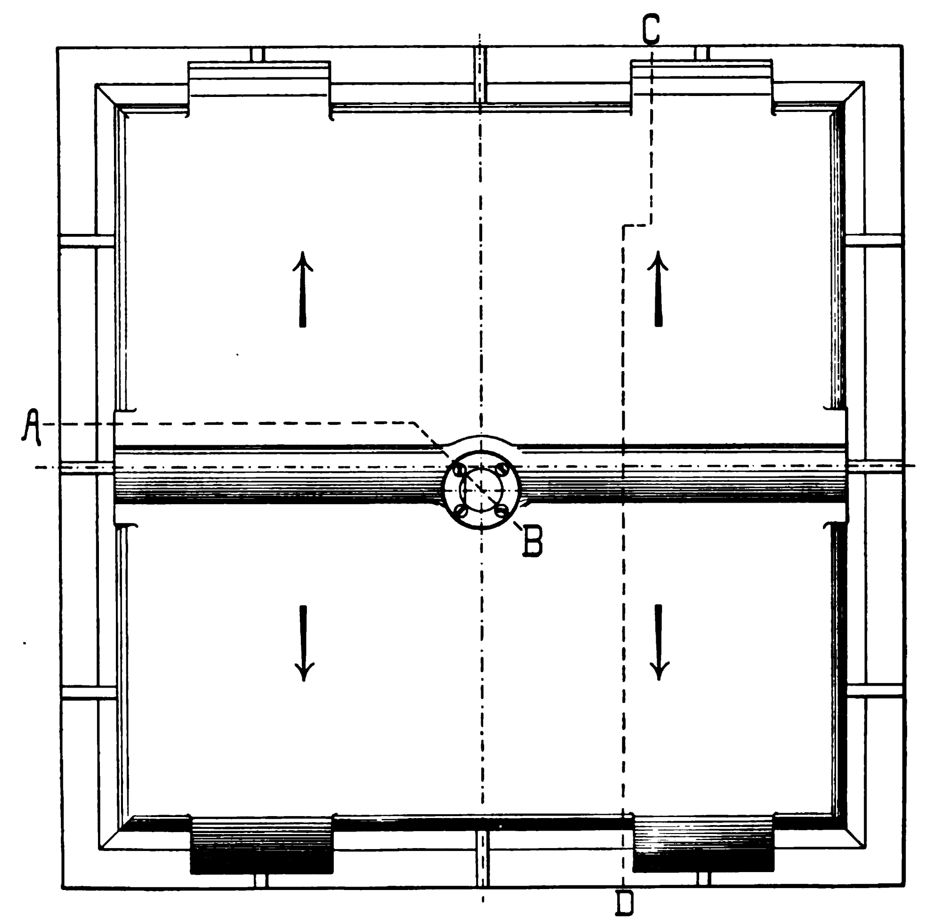


Fig. 633. Grundriß zum Wasseralfinger Einsteigschachtkasten. M = 1 : 12.

an der Schachtmündung erschwert. An Stelle von eisernen Leitern werden in Schächten, die seltener bestiegen werden, gußeiserne Steigeisen, horizontal ca. 38 Zentimeter versetzt, in die Lagerfugen des Schachtmauerwerks (bei Backsteinverwendung zwischen jede vierte Fuge) eingemauert; Fig. 635 u. Fig. 636 zeigen zwei Größen für 1 Stein und ½ Stein starkes Backsteinmauerwerk zu 8 und 5,5 Kilogramm pro Stück von dem Kgl. Württ. Hüttenwerk Wasseralfingen.

Die Rheinische Wasserwerksgesellschaft [8] verwendet zu Schachtabdeckungen bei Brunnen eine Tür mit Ventilationsrohr nach D. R.-G.-M. Nr. 156 223; den Zwischenboden belegt sie mit

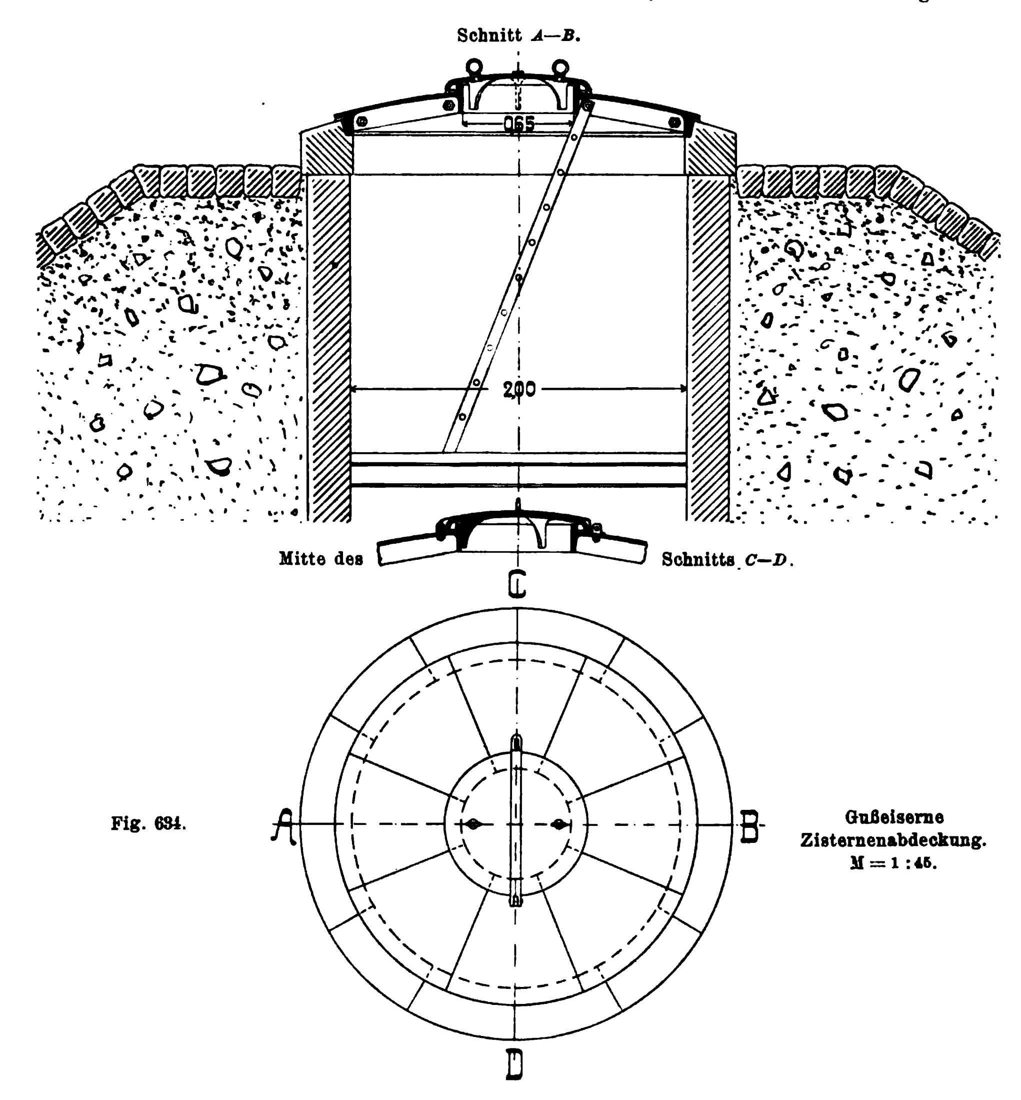


Fig. 634. Gußeiserne Zisternenabdeckung. M = 1 : 45.

verzinkten Riffelblechplatten, die mit Gummizwischenlagen auf I-Trägern dicht verschraubt sind. Das in dem Boden eingelassene, mit Haube überdeckte Ventilationsrohr ist vorgesehen, um Wasserproben entnehmen zu können, ohne daß der Brunnen irgendwie verunreinigt wird. Die Einsteigleitern sind schmiedeisern und verzinkt; vom Zwischenboden abwärts bis unter den tiefst abzusaugenden Wasserspiegel sind schmiedeiserne verzinkte Steigeisen eingemauert.

S c h m i e d e i s e r n e S c h a c h t a b d e c k u n g. Für größere Einsteigöffnungen oder abgelegene Schächte, welche in der Regel nur von einem Mann besichtigt werden, sind leichtere Abdeckungen, ein- oder zweiflügelig, am Platze, da sie ohne Beihilfe geöffnet werden müssen. Aus dem Grundriß und Schnitt *C D* (Fig 637) ist die Anordnung einer zweiflügeligen schmiedeisernen Abdeckung zu ersehen. Die Blechstärke beträgt selten mehr als 4 Millimeter. In Rücksicht auf Frostsicherheit können die Blechdeckel doppelwandig mit einem Zwischenabstand von ca. 100 Millimeter angelegt werden. Aus dem Grundriß, dem Schnitt *A B* und dem Detail ist

die Art des Verschlusses zu entnehmen. Der Riegel *g* kann sowohl von außen als auch von innen bewegt werden, und zwar mit einem Dornschlüssel, der in den Schloßkasten *K* paßt und nicht herausgezogen werden kann, wenn nicht wieder geschlossen wurde; liegt der Riegel *g*, wie im Detail

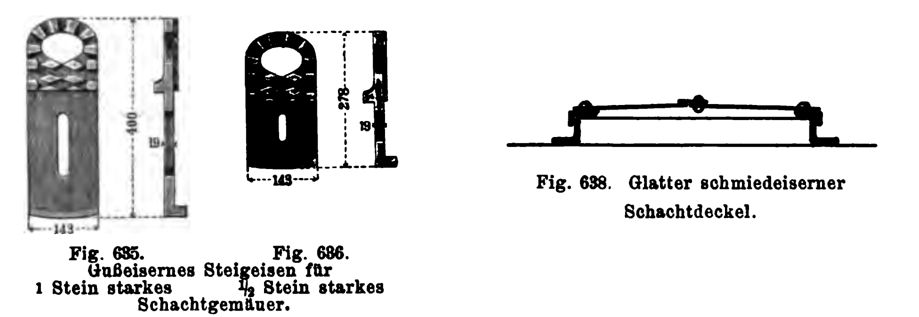


Fig. 635. Fig. 636.
Gußeisernes Steigeisen für
1 Stein starkes ½ Stein starkes
Schachtgemäuer.

Fig. 638. Glatter schmiedeiserner Schachtdeckel.

gezeichnet, an dem Anschlag *a*, so ist die Türe geschlossen. Sind Verunreinigungen zu gewärtigen, so ist die Aussparung aus dem Kranzquader (Schnitt *A B*) für den Riegel zu vermeiden und dieser oberhalb des Winkelrahmens anzuordnen; der Riegel greift dann am Deckel in einen in den senk-

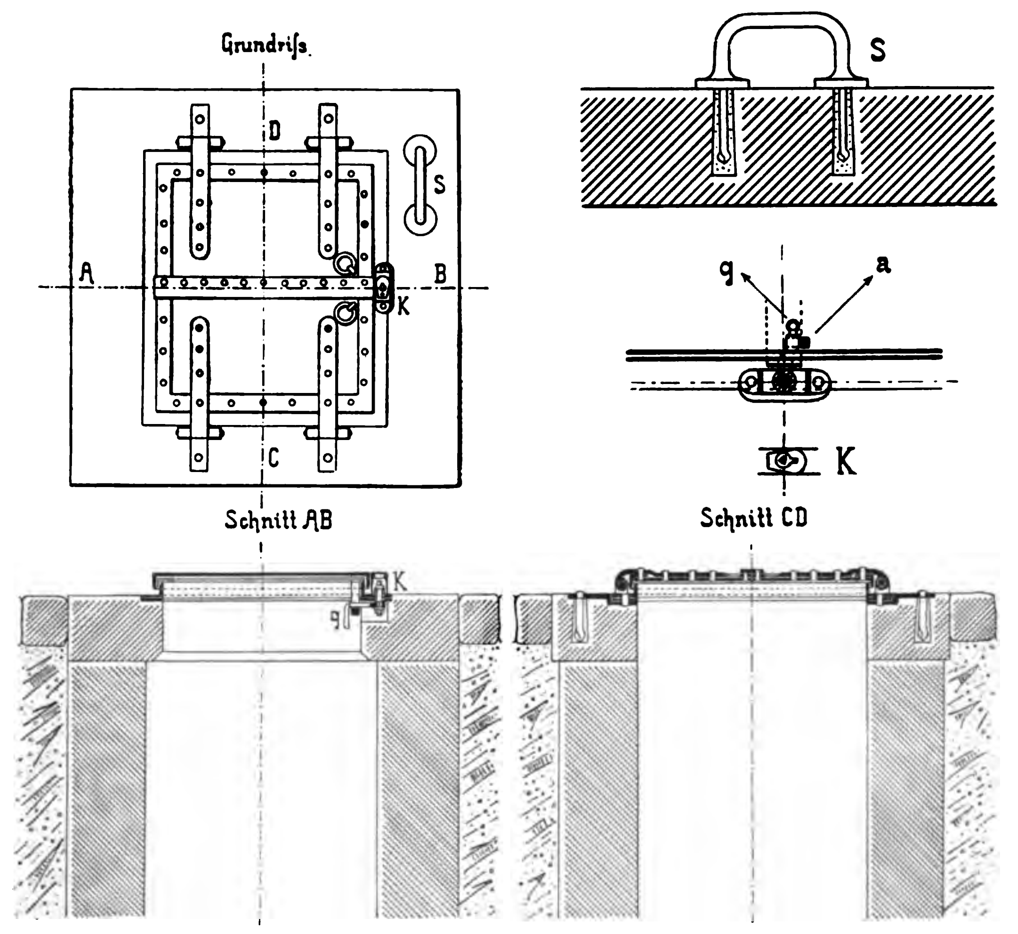


Fig. 637. Schmiedeiserne Schachtabdeckung. M = 1 : 40, Detail 1 : 10.

rechten Winkel eingearbeiteten Schlitz. Der Handgriff *S* dient zum Anhalten beim Ein- und Aussteigen. Um das Stehenbleiben von Rostwasser auf der Abdeckung zu verhüten, werden beide Türen etwas geneigt angelegt, wohl auch die Winkeleinfassung unter das Deckblech genietet, so daß die obere sichtbare Deckelseite vollkommen glatt wird (s. Fig. 638).

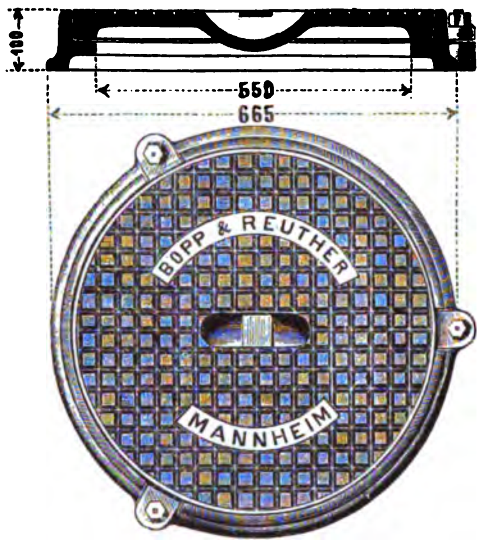


Fig. 639. Gußeiserner Schachtdeckel für Fußwege.

Gußeiserner Schachtdeckel für Fußwege. Wo keine Fuhrwerke verkehren, hat man leichte gußeiserne Schachtdeckel in Verwendung; eine Ausführung unter vielen zeigt Fig. 639. Es ist ratsam, die Einkerbungen ziemlich tief zu machen, da bei Regen und Frost die Eisenwürfel umso gefährlicher zu begehen sind, je größere Oberfläche sie besitzen, weil sie durch den Wandel glatt abgeschliffen werden. Zweckmäßig ist die aufgegossene Schrift: „Hydrant“, „Schieber“ u. dgl. Für Plättchentrottoire eignet sich die kreisrunde Form der Schachtdeckel wegen des Anschlusses der Plättchen nicht.

Schachtkasten für Trottoire. In asphaltierten oder zementierten Trottoiren können Schachtkasten nach den in Fig. 640 u. 641 abgebildeten Formen Verwendung finden. Bei den quadratischen Kasten werden sowohl die Eckzwikkel des Rahmens als auch die Felder des Deckels mit Asphalt oder Zement ausgegossen. Das Gewicht des quadratischen Schachtkastens ohne Einguß ist 80 Kilogramm, das des runden 62 Kilogramm.

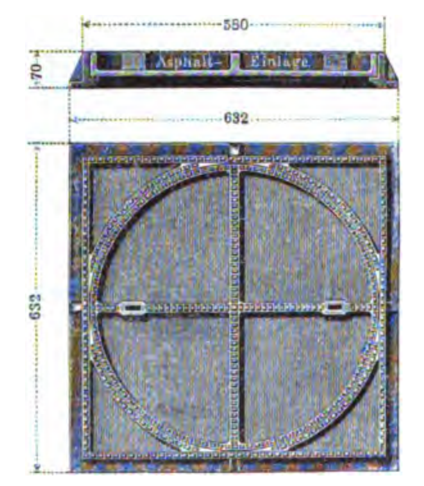


Fig. 640. Quadratischer Schachtkasten für Trottoire (Wasseralfingen).

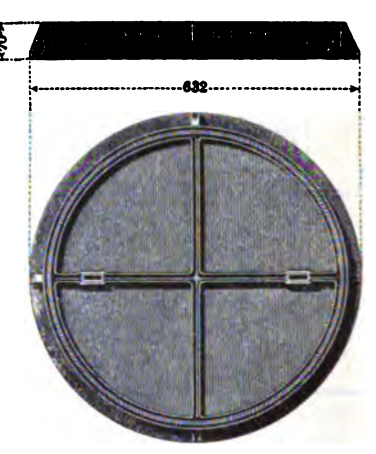


Fig. 641. Runder Schachtkasten für Trottoire (Wasseralfingen).

Fig. 642. Schachtkasten für Sandwege mit Beiplatte (Wasseralfingen).

Schachtkasten mit Beiplatte. Für Schächte in viel begangenen Trottoiren oder Sandwegen, welche durch einfallenden Staub, Schmutz und Sand besonders leicht verunreinigt werden können, eignet sich der in Fig. 642 gezeichnete Schachtkasten mit Beiplatte, welche den durch die Grifflöcher der Abdeckplatte eingedrungenen Schmutz aufnimmt. Beim Aufheben der Schachtabdeckung wird zuerst der mittlere Stopfen entfernt; auch genügt dies in der Regel, um das Schiebergestänge etc. zu bedienen.

Ventilationsdeckkasten. Über Rohrtunnels oder größeren Schächten werden Ventilationsdeckkasten nach Fig. 643 angebracht, die ein Stagnieren der Luft oder Ansammeln von Gasen in den unterirdischen Räumen verhüten sollen. Etwa eindringender Schmutz kann durch eine Beiplatte, wie in Fig. 642, die jedoch wegen der Ventilation nur auf 3 oder 4 Ecken aufliegen und an den Rändern ringsum abstehen muß,

abgehalten werden. In der Regel sieht man diese Ventilationsdeckkasten im Zusammenhang mit einem Einsteigschacht angebracht, wo sie auf einem oben seitlich am

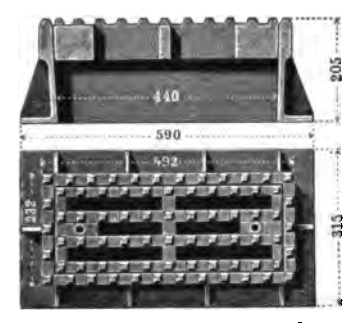


Fig. 643. Ventilationskasten (Wasseralfingen).

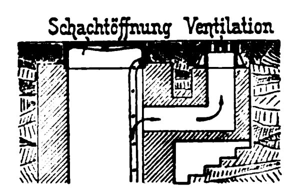


Fig. 644. Anordnung der Einsteig- und Ventilationskasten bei tiefen Schächten. M = 1 : 100.

Schachtgemäuer mitaufgemauerten kleinen Schächtchen, das mit dem Schachtinneren durch einen die Schachtmauerung durchdringenden Kanal kommuniziert, aufgesetzt werden (Fig. 644), [6].

Einbaugarnituren. In Norddeutschland ist, wie eingangs erwähnt wurde, die Herstellung von Einsteigschächten nicht üblich; an anderen Orten werden diese vielfach aus Mangel an Platz und aus Ersparnisrücksichten ebenfalls umgangen. Es treten dann an Stelle derselben die sogenannten „Einbaugarnituren", welche aus Schutzrohr, Schlüsselstange und Straßenkappe bestehen. Die Lage dieser Einbaugarnituren muß vom Wärter jeweils mittels der an den Häusern etc. angebrachten Täfelchen (Schieber- und Hydrantschilder) aufgesucht werden. (Vgl. Fig. 619, S. 468.)

In § 54 ist S. 168, Fig. 261 und in § 55 S. 216, Fig. 351, außerdem auf S. 466 u. 467 in Fig. 612 u. 614 eine detaillierte Einbaugarnitur gezeigt. Bei Reparaturen an dem betreffenden Armaturstück (Schieber, Spuntkasten mit Entlüftung etc.) muß die ganze Einbaugarnitur aufgegraben und das defekte Stück in einem Schacht oder Graben bloßgelegt werden. Fig. 351 zeigt einen Spuntkasten mit Einbaugarnitur. Die Entlüftung einer Leitung kann natürlich auch ohne Schachtanlage bewirkt werden, wenn über dem Spunt- oder Streifkasten die Luftschraube mit dem Gestänge in ein Schutzrohr gebracht und wie bei Absperrschiebern die Stelle auf der Terrainoberfläche mit einer Straßenkappe versehen wird. Am eigentümlichen Pfeifen der Luft und darauf folgendem Rauschen von Wasser erkennt der die Entlüftung bedienende Arbeiter die Wirkung der Handhabung auch von der Straßenoberfläche aus.

In Fig. 645 u. 646 sind Straßenkappen für Unterflurhydranten dargestellt. Fig. 645 zeigt einen Verschluß der Schachthakenöffnung, so daß von Unbefugten ein Öffnen des Deckels nicht leicht möglich ist. Nur beim Niederdrücken des durch eine Feder emporgehobenen Zapfens kann der Schachthaken zum Ausheben des Deckels eingeführt werden, nachdem der Haken in der Öffnung um 90 Grad gedreht wurde. — Fig. 646 zeigt die Straßenkappe mit nicht abnehmbarem Deckel; dieser kann hier an dem Steg *s* nur so weit in die Höhe gehoben werden bis der Anschlagstift *a* ein Weiterheben verhindert. Der Deckel muß dann beiseite gedreht und auf das Pflaster abgelassen werden, wobei der Stift *a* den Drehpunkt bildet. Die Kappen ruhen auf Hartholzrahmen, in neuerer Zeit auf Monierplatten.

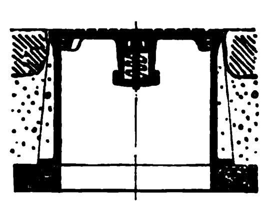


Fig. 645. Straßenkappe mit Verschluß.

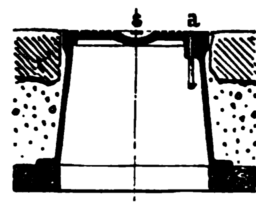


Fig. 646. Straßenkappe ohne Verschluß.

Literatur.

über Einsteigschächte und Schachtdeckel.

[1] Verschluß für Straßenkästen. Österr. Monatschr. f. d. öffentl. Baudienst. 1898, S. 458. — [2] Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 834. — [3] Bischoff, G., Sicherheitsverschlüsse für Schachtabdeckungen und Straßenkappen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 289. —

[4] Schieberschächte. Eng. Rec. 1898, S. 143. — [5] Normaltypen für Zisternenbauten. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1901, S. 863. — [6] Dobel, Kanalisation. 4. Aufl. Stuttgart 1903. — [7] Das Auftauen und Durchstemmen gefrorener Straßenbedeckungen mit ungelöschtem Kalk. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1903, S. 122 u. 227. — [8] Die Wasserversorgungsanlagen der Rheinischen Wasserwerksgesellschaft. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 1100.

d) Manometer.

Zur Feststellung des Maßes der Wasserpressung in einer Rohrleitung dienen Instrumente, die man als Manometer bezeichnet; sie zerfallen in der Hauptsache in Quecksilbermanometer und Federmanometer (wegen der nur ganz ausnahmsweise benutzten sogenannten Ventilmanometer siehe [2]). Bei den Federmanometern unterscheidet man sodann, der Konstruktion nach, Plattenfedermanometer und Bourdonsche oder Röhrenfedermanometer; von Quecksilbermanometern sind fast ohne Ausnahme nur sogenannte Gefäßmanometer im Gebrauch. Im allgemeinen sind die Angaben aller dieser Instrumente stets mit mehr oder weniger kleinen Fehlern behaftet.

In der Regel ist bei den Quecksilbermanometern (Gefäßmanometern) — abgesehen von dem in seiner Intensität wechselnden atmosphärischen Gegendruck — der praktisch nicht erreichbare genau gleiche Querschnitt der aufsteigenden Röhre für das Quecksilber und der weitere Umstand, daß sich der Quecksilberspiegel im Gefäß unter dem Einflusse der Wasserpressung etwas ändert, was bei einer festen Skala unberücksichtigt bleibt, die Fehlerquelle. In der Röhrenfabrikation ist indessen durch exakte Ausführungen eine ziemlich weitgehende Beseitigung des erstgenannten Fehlers erreicht; der zweitgenannte Fehler läßt sich dadurch, daß der Querschnitt des Gefäßes dem Querschnitte der Steigröhre gegenüber relativ groß gewählt wird, ebenfalls auf ein kleines Maß reduzieren. Sobald es sich um hohe Pressungen handelt, also um sehr lange Steigröhren, vergrößern sich die Fehler und es tritt der weitere Übelstand der schwierigen Unterbringung und Ablesung der Skala hinzu; letzterem sucht man durch die sogenannten Divisionsmanometer (Manometer mit verkürzter Skala) abzuhelfen.

Bei den Federmanometern schließt man aus der Deformation einer Feder infolge des Wasserdrucks auf die Größe des letzteren. Indessen ist diese Deformation nicht ausschließlich die Folge des Wasserdrucks; die Feder kann nebenbei noch durch Temperatureinflüsse, Änderung ihrer Elastizität etc. deformiert werden. Die Einteilung der Skala zum Ablesen des Druckes erfolgt empirisch. Ohne weiteres ist klar, daß die Richtigkeit der Ablesungen, wenn sie anfangs unzweifelhaft war, im Laufe der Zeit nicht mehr als gesichert angesehen werden darf. Ein Federmanometer ist deshalb von Zeit zu Zeit durch Kontrollmanometer zu prüfen (vgl. [1], S. 828, [3], [4]). Die Herstellung der Federmanometer ist mehr und mehr vervollkommnet worden [5], [6]; infolgedessen ist die weite Verbreitung, welche diese Instrumente insbesondere zum Messen hoher Pressungen gefunden haben, auch wohl gerechtfertigt. Selbstverständlich können sowohl Gefäßmanometer als Federmanometer selbstregistrierend angeordnet werden. Die Konstruktion dieser Instrumente soll im folgenden an einigen Beispielen erläutert werden.

Einfaches Quecksilbergefäßmanometer. In Fig. 647 ist ein solches von Schäffer & Budenberg, Buckau-Magdeburg herrührendes Gefäßmanometer abgebildet; die Skala gestattet, den Wasserdruck, der durch das links abgehende Rohr in das Quecksilbergefäß geleitet wird, in Atmosphären und in Kilogramm pro Quadratzentimeter abzulesen. Das 13 Millimeter weite Steigrohr für das Quecksilber ist in diesem Falle von Eisen, welches vom Quecksilber nicht angegriffen wird; auf dem Quecksilberspiegel in diesem Rohre schwimmt ein Eisenplättchen, das mittels Schwimmerschnur den Zeiger auf der Skala bewegt. Die Rolle, über welche die Schwimmerschnur gleitet, liegt unter Glasverschluß zum Schutze vor Staub. Um diese Manometer genau auf Null einstellen zu können, ist am Quecksilbergefäße eine Ablaßschraube vorgesehen, die, wenn erforderlich, gelüftet werden kann, bis etwa überschüssig eingefülltes Quecksilber aus dem Gefäße abgeflossen ist. Zum Einfüllen des Quecksilbers (die von der Fabrik gelieferten Apparate

enthalten zunächst kein Quecksilber) eignen sich am besten Trichter aus reinem steifen Papier. Derartige Manometer werden mit Skalen, welche von 1 bis zu 20 Kilogramm-Quadratzentimeter Wasserdruck anzeigen, geliefert; sie kosten ca. 50 bis 250 Mark. Die eisernen Steigröhren für die Manometer werden in der Regel in Längen von 3 Meter geliefert; sie haben Gewindemuffen, mittels welcher sie leicht und dicht zusammenzuschrauben sind. — Diese Quecksilbermanometer erfordern zu ihrer Aufstellung beträchtlich hohe Räume, sobald es sich um hohe Pressungen in den Leitungen handelt, da für jede Atmosphäre Druck 76 Zentimeter senkrechte Quecksilbersäulenhöhe zu rechnen sind, also z. B. bei 10 Atmosphären Leitungsdruck 7,60 Meter. Sind die Räumlichkeiten auch in der nötigen Höhe vorhanden, so wird das Ablesen der Wasserpressungen bei so großen Höhen doch sehr beschwerlich und nur auf Leitern möglich.

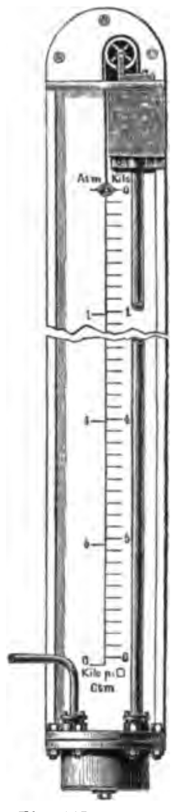


Fig. 647. Quecksilbermanometer.

Diesem Übelstande hilft ein nach Richard konstruiertes Divisionsmanometer, d. h. ein Manometer mit verkürzter Skala, welches in Fig. 648 abgebildet ist, einigermaßen ab; vgl. auch die D. R.-P. Nr. 4510, 19426, 48807. Es enthält je nach der herrschenden Maximalpressung mehrere hintereinander geschaltete Barometerröhren mit ebensoviel Quecksilberfäden als Atmosphären Maximalpressung. Die letzte Röhre an der Skala ist aus Glas, alle übrigen Röhren sind aus Eisen. In die einzelnen Röhren wird bei den Stopfen *St* je eine vorher bestimmte, dem Volumen der 76 Zentimeter langen zylindrischen Schenkel entsprechende Menge Quecksilber eingegossen; in der Glasröhre wie in den übrigen Schenkeln erhebt sich das Quecksilber dann bis zur Nulllinie *00*. Der oberhalb des Quecksilbers verbleibende Raum wird mit reinem Wasser aufgefüllt und mit den Stopfen *St* dicht verschlossen. Die Zuleitung des Druckwassers erfolgt von *E* her durch einen Absperrhahn, dessen Küken und Gehäuse eine kleine Durchbohrung hat, rechtwinklig zur Durchgangsrichtung, um den Apparat in die Nullstellung bringen zu können. Fig. 648 zeigt in Stellung I den sogenannten „Manometerhahn" im Betrieb, Stellung II ist Entleerung bezw. Nullstellung. Um Druckschwankungen von der Zuleitung her möglichst unwirksam zu machen, sind hinter dem Manometerhahn mehrere Windkessel *WWW* eingeschaltet, die je zwischen sich eine Kaliberscheibe mit sehr feiner Durchbohrung und im Innern eine Zwischenwand eingegossen haben, womit etwaige Druckstöße hier aufgefangen und vernichtet werden sollen. Tritt das Druckwasser bei *E* ein, so preßt das auf dem Quecksilber im Schenkel I stehende Wasser den Quecksilberspiegel nieder; demzufolge hebt sich im benachbarten Schenkel der Spiegel um ein gleiches Stück, die Differenz beider Spiegel beträgt dann h_1. Ebenso wird in den Schenkelpaaren II, III und IV mittels des zwischengespannten Wassers je die Differenz h_2, h_3 und h_4 hervorgerufen. Die Summe dieser gehobenen Quecksilbersäulen in Gewicht ausgedrückt, ist dann gleich der bei *E* wirksamen Pressung in der Zuleitung.

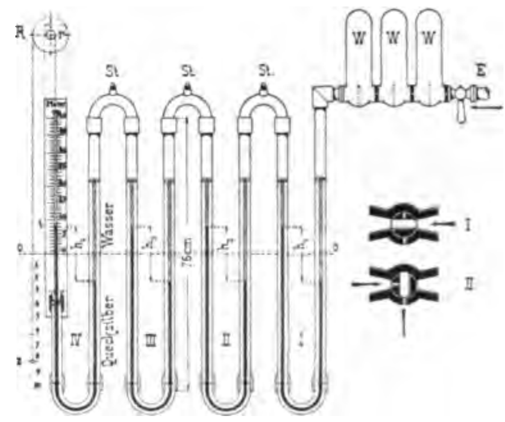


Fig. 648. Divisionsmanometer nach Richard für Wasserstandsmesser.

Angenommen, die Lichtweite der Quecksilberröhren sei 10 Millimeter = $^3/_8$ Zoll engl. (Gasrohr), die Differenzen *h* je 152 Millimeter, so wiegt eine der emporgedrückten Säulen bei 13,6 spezifischem Gewicht des Quecksilbers 162,5 Gramm; somit vier solcher Quecksilbersäulen 0,65 Kilogramm. Dieses Gewicht ist mittels der in I wirkenden ersten Wassersäule von 10 Millimeter Durchmesser, also 0,785 Quadratzentimeter Fläche, auszugleichen; daher entfällt auf 1 Quadratzentimeter Querschnitt 0,65 : 0,785 = 0,83 Kilogramm-Quadratzentimeter bezw. 0,8 Atmosphären = 0,83 : 1,033 = rd. 8 Meter Wassersäule. Dieser Wert ist auf der Skala an der Glasröhre direkt abzulesen. Es entspricht nämlich bei dem vierschenkligen Manometer: der Druck einer 4 × 76 Zentimeter langen Quecksilbersäule einer Skalenlänge von einer halben Barometersäule = 38 Zentimeter Quecksilbersäulenhöhe oder 1 Zentimeter Skala = 4 . 10,33 : 38 = 1,09 Meter Wassersäule oder 1 Meter Wassersäule = 1 : 1,09 = 0,92 Zentimeter rund 10 Millimeter Skala.

Bei mehrschenkligen Apparaten werden die einzelnen Teile der Skala im Verhältnis der Schenkelpaarzahl kleiner, z. B. für ein Manometer entsprechend 10 Atmosphären Wasserdruck

würde 1 Zentimeter Skala = 10 . 10,33 : 38 = 2,72 Meter Wassersäule, oder 1 Meter Wassersäule rund 3,7 Millimeter an der Skala bedeuten, da eben stets nur die halbe Höhe der Barometersäule zufolge der Spiegeldifferenz nutzbar für die Skala wird. Sollen auch dann noch einzelne Meter abgelesen werden können, so kann ähnlich wie in Fig. 647 mittels eines kleinen eisernen Schwimmers und einer Schnur die Erhebung des Quecksilbers in der Glasröhre auf eine kleine Rolle *r* übertragen werden, mit welcher eine zweite größere Rolle *R* verbunden ist und von der in vergrößertem Maßstab die Abwicklungen der Schnur mittels eines Zeigers *Z* und empirischer Skala beobachtet werden können. In der Fig. 648 ist diese Anordnung punktiert angedeutet. Für Stauweiher mit 40 bis 50 Meter Wassertiefe läßt sich der Apparat zur Beobachtung der Pressung in der Ablaßleitung, bezw. als Wasserstandszeiger in der gezeichneten Konstruktion schon mit vier Schenkelpaaren anwenden, da die Wassertiefe ja nie auf 0 sinken wird; die Einschaltung geschieht mittels Abzweiges vor dem Ablaßschieber, wenn dieser außerhalb der Staumauer liegt; andernfalls ist eine besondere Manometerleitung zu führen.

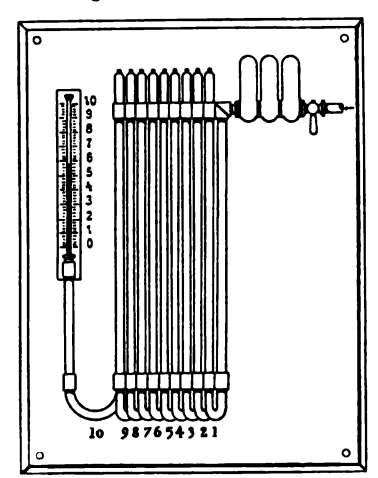


Fig. 649. Divisionsmanometer für 10 Atmosphären.

Fig. 649 zeigt eine komplette Manometeranlage für 10 Atmosphären. Die Schenkel sind aneinandergelegt, um auf einem Brett montiert werden zu können.

Die Firma Schäffer & Budenberg, Buckau-Magdeburg baut auch Quecksilbermanometer mit verkürzter Skala und sichtbarem Nullpunkt; wegen des Näheren sei auf den Katalog dieser Firma verwiesen.

Die einfachen Quecksilbergefäßmanometer sind im allgemeinen recht genaue Instrumente zum Messen des Wasserdrucks, und in allen Fällen, in welchen es sich um Pressungen bis zu 4 Atmosphären handelt, zum Ablesen noch bequem. Für größere Pressungen wird wohl in den meisten Fällen dem Quecksilbermanometer mit verkürzter Skala das Federmanometer als der einfachere Apparat vorgezogen.

Plattenfedermanometer. Die innere Einrichtung eines solchen Manometers zeigt Fig. 650. Der Flüssigkeitsdruck preßt von unten auf die wellenförmige Plattenfeder, deren Durchbiegungen mittels einer Lenkstange auf ein Zahnradsegment übertragen werden, das wieder ein auf der Zeigerachse sitzendes Rädchen zu drehender Bewegung veranlaßt. Die Skala, die zum Schutz gegen Staub u. dgl. unter Glas sich befindet, wird mit Hilfe eines Quecksilbermanometers eingeteilt; eine Spiralfeder, die einerseits am Manometergehäuse, anderseits an der Zeigerachse befestigt ist, dreht den Zeiger nach Entlastung des Manometers vom Druck auf die Anfangsstellung 0 zurück. Die Skala soll, um die Plattenfeder zu schonen, das Doppelte des beabsichtigten Höchstdrucks betragen. Soll ein Manometer dazu benutzt werden, die Tiefe des Wasserstandes eines Reservoirs anzuzeigen und dessen Zu- oder Abnahme auf Zentimeter Höhe abzulesen gestatten, so kann bei entsprechender Plattenfeder das Manometer am Boden des Reservoirs angeschlossen und der Zeiger außerhalb des Glases bis auf einen beliebig großen Kreissektor verlängert werden, so daß z. B. bei 4 Meter Wasserstand ein Manometer mit 15 Zentimeter Skaladurchmesser, welches bei halber Ausnutzung der Skala 15 . 3,14 : 2 . 4 = rund 6 Zentimeter Bogenlänge für je 1 Meter Wassersäulendruck (Wasserstandshöhe) bietet, durch Verlängerung des Zeigers auf das 10fache die Ablesung von je 1 Zentimeter Wassersäulendruckschwankung mit einer Einteilung von 6 . 10 : 100 = 0,6 Zentimeter = 6 Millimeter Bogenlänge der Sektorskala gestattet, also nahezu gleiche Ablesungsgröße mit den Schwankungen des Wasserstands*). Ebenso kann die Tiefe von Saugbassins mittels Vakuummeter, die den negativen Druck (Saughöhe) in einer Leitung messen, auf die beschriebene Weise beliebig genau zur Ablesung gebracht werden. Die Verlängerung des Zeigers



Fig. 650. Plattenfedermanometer.

*) Martens [7] verwendet in der Kgl. Materialprüfungsanstalt Groß-Lichterfelde bei Untersuchungen an hydraulischen Maschinen Manometer von Schäffer & Budenberg mit Gradeinteilung. Die Skala enthält 300 Grad = 10 Atmosphären = 100 Meter Wassersäule; 1 Grad zeigt demnach 0,33 Meter Wassersäule an. Geschätzt können noch Zehntelgrade werden, also Differenzen von 3 Zentimeter Wassersäule.

muß möglichst leicht hergestellt sein und durch ein entsprechendes Gegengewicht ausgeglichen werden. Wir kommen auf die detaillierte Einrichtung bei den Wasserstandszeigern zurück.

Federmanometer mit Drosseleinrichtung. Eine der vorhergehenden ähnliche Plattenfeder besitzt das in Fig. 651 gezeichnete Manometer. Der in der unteren Eintrittsöffnung eingebrachte Pfropf mit Irrweg hat den Zweck, die Plattenfeder vor den Einwirkungen plötzlicher Stöße zu schützen, da die pulsierend eintretenden Flüssigkeitsmengen aus dem ersten feinen Kanal in einen weiteren Ringraum, dann erst in den lichten Querschnitt des Manometerzugangs und endlich in die Plattenfederkammer gelangen können. Es werden durch diese Einrichtung die Erzitterungen des ganzen Hebelmechanismus und Zeigerwerks vermieden, welche in der Regel die Schuld an dem bald eintretenden „Falschzeigen" der Manometer tragen. Eine ebenfalls stoßmildernde Wirkung erzielt man durch Drosselung des Manometerventils oder Hahns; der Zeiger muß aber immer noch kleine Bewegungen erkennen lassen.

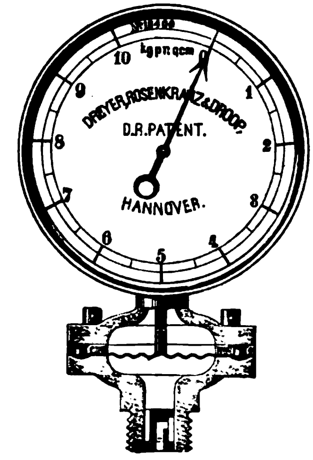


Fig. 651. Plattenfedermanometer mit Stoßfänger.

Fig. 652. Manometer mit Bourdon-Feder.

Manometer mit Bourdon-Röhre. Auf einer anderen Federwirkung beruht dieser in Fig. 652 gezeichnete Manometer. Eine kreisrund gebogene feine Metallröhre, die sogenannte Bourdonsche Röhre, ist mit einem Ende in dem Eintrittsstutzen des Manometergehäuses dicht eingelötet. Das Druckwasser tritt in diese Röhre hinein und streckt sie in eine geradlinigere Form. Das andere Ende der Federröhre zieht mittels Lenkers an einem Zahnsegment wie bei dem Plattenfedermanometer, wodurch der Zeiger bewegt wird. Beim Nachlassen des Wasserdrucks in der Röhrenfeder krümmt diese sich wieder in die ursprüngliche Lage zurück. Das Ausstrecken der Röhrenfeder erfolgt ursächlich Mehrbelastung der äußeren Federwand gegenüber der inneren, da der Umfang der äußeren Rohrwandhälfte größer ist als der Umfang der inneren. (Vgl. auch D. R.-P. Nr. 84 566 und [6].)

Registrierapparate für Federmanometer. Für Bureaus oder Pumpstationen eignen sich fortlaufend registrierende Druckmesser, die den jeweils in einer Leitung herrschenden Druck, auch mit den vorkommenden Schwankungen und Stößen, mittels eines Federmanometers und durch ein mit Uhrwerk getriebenes Schreibzeug aufzeichnen. Die senkrechten Ordinaten auf dem Papierstreifen B in Fig. 653 stellen die Drücke nach einem bekannten Maßstabe dar, die horizontalen Abszissen die Zeiten. Der Schreibstiftträger A wird mit dem Stift C sanft an die Papiertrommel gelegt, diese kann bei M auf- und abgezogen werden, der Hebel r dient zum Aufziehen des Uhrwerks, das in einer Metallkapsel verwahrt liegt.


Fig. 653. Selbstregistrierendes Federmanometer.

Mit Federmanometern lassen sich auch leicht elektrische Signalvorrichtungen verbinden, z. B. derart, daß eine Signalglocke ertönt, wenn eine bestimmte Pressung überschritten oder unterschritten ist, oder so, daß die Signalglocke so lange fortläutet, bis die Pressung wieder auf das bestimmte Maß zurückgeht u. s. w.

Gefäßmanometer und Federmanometer können selbstverständlich auch als Vakuummeter ausgebildet werden und finden diese im Wasserversorgungswesen häufig Verwendung. Die Skala wird dann entweder von 0 bis 1,03, d. h. in Kilogramm-Quadratzentimeter, oder von 0 bis 76, d. h. in Zentimeter Quecksilbersäulenhöhe, eingeteilt. Wenn es sich um Manometer oder Vakuummeter für Pumpwerke (Pumpstationen) handelt, so ist die Einteilung der Skala nach Meter Wassersäule vorzuziehen, da die Ablesung dann direkt die Förderhöhe bezw. die Saughöhe in Meter ergibt.

Selbstverständlich geben alle Manometer nur den Wasserdruck (Überdruck oder Vakuum) an der Stelle an, an welcher sich die Feder bezw. der Quecksilberspiegel des Gefäßes befindet. Soll also die Pressung an einer Stelle der Zuleitung, die höher oder tiefer liegt als die ebengedachte, bestimmt werden, so ist die Höhendifferenz beider Stellen für das Ausmaß zu berücksichtigen.

Die Federmanometer werden — besonders für Messung großer Wassertiefen in Seen — auch mit Maximumzeiger versehen, der stehen bleibt, so daß die Tiefe nach Herausziehen des Manometers abgelesen werden kann. Bei Messung von Meerestiefen ist natürlich das größere spezifische Gewicht des Wassers zu berücksichtigen. Der Wasserstand in Brunnen, Schächten von Sammelkanälen etc. kann mit Manometern in der Weise bestimmt werden, daß man eine kleine Taucherglocke auf die Sohle einläßt, von deren oberem Ende eine Druckleitung (am besten ein Kupferrohr von 3 Millimeter Lichtweite) nach dem an beliebiger Stelle angebrachten Manometer abgeht. In diesem Falle ist die Luftpressung in der Glocke dann, wenn die Länge der Leitung 200 Meter nicht überschreitet, sehr annähernd gleich der Pressung vor der Manometerfeder, und der Wasserstand läßt sich aus der Größe dieser Pressung ohne weiteres bestimmen bezw. direkt auf dem Manometer ablesen [9]. Wir kommen auf diese Einrichtungen bei den Fernmeldern unter i) eingehender zurück.

Behufs Kontrolle des Richtigzeigens von Federmanometern erhalten letztere einen besonderen Flansch (in Deutschland einen ovalen, in den meisten anderen Ländern einen runden) zum Befestigen der sogenannten Kontrollmanometer, die so angebracht werden müssen, daß sowohl das zu prüfende als auch das kontrollierende Manometer unter gleichen Bedingungen arbeiten. Die Prüfung und Adjustierung der Federmanometer erfolgt in Frankreich durch Vergleich mit dem offenen Quecksilbermanometer am Eiffelturm in Paris.

Wegen der Preise und wegen weiterer Ausstattungen der vorbeschriebenen Instrumente verweisen wir auf die Kataloge der betreffenden Armaturfabriken.

Literatur
über Manometer.

[1] Grashof, F., Theoretische Maschinenlehre. Bd. 2. Leipzig 1883. — [2] Marié, Ventil zum exakten Messen hoher hydraulischer Spannungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1881, S. 721. — [3] Thometzeck, Federmanometer. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1872, S. 476. — [4] Zuverlässigkeit der Federmanometer. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1873, S. 47, 73. — [5] Martens, Die Meß-, Kontroll- und Registrierapparate auf der Hygieneausstellung in Berlin. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1883, S. 691. — [6] Rosenkranz, Neuerungen an Federmanometern. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1896, S. 495; 1902, S. 1003. — [7] A. Martens, Meßdose zum Messen großer hydraulischer Drücke. Ebenda 1904, S. 1026; 1906, S. 1310. — [8] Aufsuchung einer Undichtheit an einem Wasserrohrnetz durch Druckmessung (Manometer) und Nivellierung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 1128 u. 1905, S. 132. — [9] Vakuumpeilapparat zur Messung der Grundwasserspannungen. Ebenda 1907, S. 70 u. 76.

e) Rohrprobiervorrichtungen.

Die zu Wasserleitungen benutzten gußeisernen Röhren und Formstücke werden zwar in der Regel von bewährten Fabriken vor der Versendung in ausreichender Weise auf ihre tadellose Beschaffenheit und Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck geprüft, können aber auf dem Transporte zur Bahn und zur Baustelle durch Umladen etc. noch Schäden erleiden, die äußerlich verborgen sind und erst nach dem Verlegen der Röhren sich geltend machen. Im letzteren Falle sind dann meist sehr lästige Nacharbeiten am fertigen Rohrstrange zu vollziehen. Um dies möglichst zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Röhren vor dem Verlegen nochmals mittels Rohrprobierpumpen und Einspannvorrichtungen einer Prüfung zu unterziehen; ebenso sollte der verlegte Rohrstrang vor dem Eindecken nochmals geprüft werden. Nur dann hat man einige Gewähr für die Haltbarkeit der Anlage. Im folgenden sollen nun die diesbezüglichen Einrichtungen besprochen werden.

Probierpumpe (Preßpumpe). Bei den Rohrpressen und beim Prüfen der Rohrstränge werden in der Regel Propierpumpen nach Fig. 654 zur Erzeugung des vorgeschriebenen Probedrucks angewendet. Die Einrichtung einer solchen Pumpe besteht aus dem transportablen Wasserkasten *W*, der an den Griffen *g g* durch beiderseits eingesteckte Traghölzer an die Baustelle von Hand getragen werden kann, und aus der eigentlichen einfachwirkenden Probier-

pumpe, die auf dem Kasten befestigt ist. Die Pumpe wird mittels des Handhebels *h* bewegt, der, als einarmiger Hebel wirkend, an einem Lenker seinen Drehpunkt hat und in einiger Entfernung von dem Drehpunkt durch einen Bolzen den oben in einer Öse geradegeführten Pumpenkolben beim Auf- und Abbewegen des Hebels mitnimmt. Die Hebelübersetzung, d. h. das Verhältnis der ganzen Hebellänge vom Drehpunkt bis Mitte Handhabe zu der Entfernung vom Drehpunkt bis Mitte Bolzen, an dem der Kolben hängt, beträgt bei kleineren Probierpumpen 5 : 1, bei größeren bis 10 : 1. Mit jedem Kilogramm an der Handhabe ausgeübtem Druck werden daher auf den Kolben ca. 5 bezw. 10 Kilogramm Druck übertragen. Der Kolben selbst besteht aus zwei ineinander geschobenen Stempeln, von denen der äußere C_1 einen 2—3mal größeren Durchmesser hat als der innere C_0 und zum Schöpfen von Wasser behufs Anfüllen der Rohre dient, während der innere kleine Stempel C_0, nachdem seine aus der Figur nicht ersichtliche, durch einfachen Steckkeil hergestellte Verbindung mit dem größeren Stempel C_1 gelöst wurde, zur Erzeugung des Probedrucks angewendet wird. Beide Stempel sind mit Lederstulpen abgedichtet. Das beim Aufwärtsgang des Kolbens durch das Saugrohr *s* in den Ventilkörper *V* tretende Wasser erfüllt bis zur Vollendung des Hubes den ganzen Ventil- und Pumpenraum, um beim Niederdrücken des Handhebels durch den Kolben aus diesen Räumen verdrängt zu werden und nach Schluß des Saugventils (des unteren der beiden im Ventilkörper *V* sitzenden) das oberhalb sitzende Druckventil zu passieren, worauf das Druckwasser in den Druckstutzen *d* und in die hier anzuschließenden Druckrohre oder Druckschläuche (vgl. Fig. 233, S. 150) nach dem zu probierenden Rohr gelangen kann.

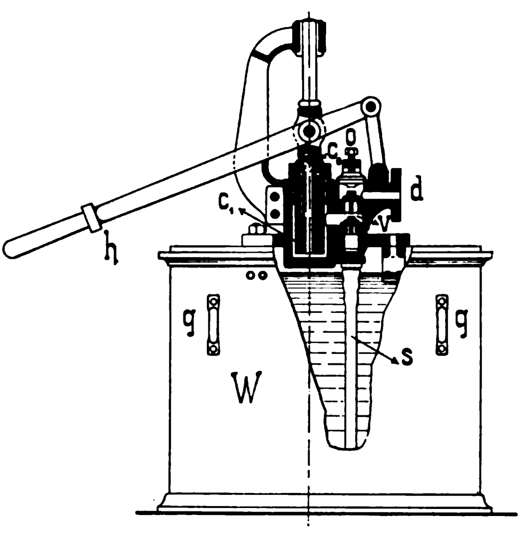


Fig. 654. Handpumpe zum Probieren der Röhren auf Dichtheit (Probierpumpe).

In der Regel wird unmittelbar an den Druckflansch der Probierpumpe (Fig. 655) ein Abzweig für das Manometer, welches den Probedruck anzeigt, und ein Abzweig für ein Ablaßventil zum Ablassen des Druckes angebracht; außerdem ein Absperrventil, das die Verbindung zwischen Probierpumpe und den genannten Apparaten samt Druckschlauch unterbricht. Dieses Absperrventil wird geschlossen, sobald der beabsichtigte Probedruck vom Manometer angezeigt wird. Es ist dann Aufgabe der Kontrolle, zu beobachten, ob während einer bestimmten Zeit von ca. $^1/_4$ bis 1 Stunde der Druck an dem Manometer nicht nachläßt, während gleichzeitig entweder das zu prüfende Rohr auf der Rohrpresse unter Druck abgehämmert wird, um poröse oder schwachwandige Stellen zu entdecken (vgl. S. 52 u. 491), oder aber die Rohrstrecke begangen wird, um die Dichtheit der Muffen- und Flanschenverbindungen zu untersuchen.



Fig. 655. Komplette Probierpumpe.

Findet sich beim verlegten Strang eine undichte Bleifuge, so wird sie nachgestemmt, bis sie dichthält; der mittlerweile durch das Leckwasser verursachte Druckverlust wird durch Zurückgehen des Zeigers am Manometer der Probierpumpe bemerklich, und es muß nach Öffnen des Absperrventils mit etlichen Pumpenstößen der vorherige Stand des Manometerzeigers eingeholt werden. Hierauf wird das Absperrventil wieder geschlossen und die Untersuchungen und Nachhilfe werden so lange fortgesetzt, bis eine Druckabnahme nicht mehr konstatiert werden kann. Bei Rohrstrecken, die am Ende mit einem Absperrschieber geschlossen sind, also nicht mit Blindflansche endigen, zeigt sich beim Aufpumpen des Probedrucks die auffallende Erscheinung, daß die Druckzunahme außerordentlich langsam vor sich geht. Dies erklärt sich damit, daß der Schieberkeil selten so dicht schließt, um nicht Luft und Wasser in Form von kleinen Perlen durchzulassen, welche dann in die Schieberhaube gelangen, hier oben durch die undichte Stopfbüchse bei der Schieberspindel entweichen und erst

dann entdeckt werden, nachdem aus dem lufterfüllten Hohlraum die Luft unbemerkt bei der Stopfbüchse entwichen ist. Das ist in der Regel die Veranlassung zur ungewöhnlich langen Dauer der Drucksteigerung. Bei Probestrecken, die in Dückerform durch Flüsse gehen oder in Gräben liegen, deren Grundwasserzudrang schwer zu beseitigen ist, fällt es nicht leicht, undichte Muffen- und Verbindungsstellen zu entdecken, da das von der Propierpumpe geförderte Leckwasser hier unter Wasser austritt. Man hilft sich dann auf die Weise, daß man dem Druckwasser Anilinblau zusetzt, das sich beim Entweichen aus den undichten Stellen durch die Färbung des umgebenden Grabenwassers bemerklich macht und so den Ort verrät, wo die Undichtheit zu suchen ist. Wir werden auf diese Verhältnisse in Abschn. VII eingehender zurückkommen.

Über die zur Erreichung des Probedrucks aufzuwendende Kraftanstrengung gibt nachstehende Rechnung einen annähernd richtigen Aufschluß. Angenommen ist hierbei der übliche Durchmesser des größeren Stempels zu 80 Millimeter = rd. 50 Quadratzentimeter Fläche, des kleineren Stempels zu 30 Millimeter = rd. 7 Quadratzentimeter Fläche. Der normale Druck durch die Hand des Arbeiters auf die Handhabe des Pumpenhebels beträgt etwa 15 Kilogramm; somit wird — abgesehen von den Reibungsverlusten — bei dem Hebelverhältnis 5 : 1 ein Kolbendruck von 75 Kilogramm, bei dem größeren Hebelverhältnis 10 : 1 ein Kolbendruck von 150 Kilogramm erzeugt. Dies gibt für den größeren Stempel 75 : 50 = 1,5 bezw. 150 : 50 = 3 Atmosphären, für den kleineren Stempel 75 : 7 = 10,7 bezw. = 21,5 Atmosphären Pressung im Pumpenzylinder und im Druckschlauch mit dem angeschlossenen Prüfungsobjekt. Allgemein gilt also (wenn, wie schon bemerkt, von der Reibung in den Gelenken und Führungen und der Kolbenreibung abgesehen wird) die Beziehung: $p = P\,L : f\,l$, worin p die Pressung in Atmosphären bedeutet, der annähernd erreicht werden kann, P die vom Arbeiter auf den Hebel ausgeübte Kraft in Kilogramm, L die ganze Länge des Pumpenhebels in Zentimeter, l die Strecke vom Hebeldrehpunkt bis Kolbenaufhängepunkt in Zentimeter, f die benutzte Kolbenstempelfläche in Quadratzentimeter.

Nach Fig. 655 werden von Bopp & Reuther in Mannheim Preßpumpen angefertigt, auf Wasserkasten montiert und ausgerüstet mit Manometer, Manometerdoppelventil, Schlüssel und Ventilheber:

I. Mit rundem Wasserkasten:

bis 25 Atmosphären mit 30 Millimeter Kolbendurchmesser, 80 Millimeter Hub zu 100 Mark,
„ 300 „ „ 12 „ „ 80 „ „ „ 150 „

II. mit rechteckigem Wasserkasten nach Fig. 654 und Doppelkolben:

bis 50 Atmosphären mit 25/60 Millimeter Kolbendurchmesser, 110 Millimeter Hub zu 225 Mark,
„ 300 „ „ 12/40 „ „ 110 „ „ „ 350 „
„ 600 „ „ 12/40 „ „ 110 „ „ „ 400 „

Über die zulässige Höhe des Probedrucks für verlegte gußeiserne Rohrstränge gehen die Ansichten weit auseinander. Ein Teil der Ingenieure begnügt sich damit, den fertig verlegten Rohrstrang nur wegen der Dichtheit der Verbindungsstellen auf 2 bis 5 Atmosphären über den herrschenden Betriebsdruck zu probieren; ein anderer Teil geht jeweils bis zum doppelten Betrage des Betriebsdrucks. In neuerer Zeit steigert man die Pressung meist nur noch auf den $1\frac{1}{2}$fachen Betriebsdruck einer Leitung. Eine etwa noch weitergehende Pressung, wie sie zuweilen von Behörden für spezielle Fälle (vgl. S. 327) verlangt wird, erfordert ganz besondere Berücksichtigung schon bei der Konstruktion des betreffenden Rohrs und in noch höherem Maße bei den Formstücken. Bei diesen hohen Pressungen treten nämlich außer den gesetzmäßig verlaufenden Materialspannungen, die aber immer unterhalb der Elastizitätsgrenze bleiben müssen, an den Abzweigestutzen Deformationen des Hohlzylinders ein, welche die örtliche Spannung des Materials bedeutend erhöhen und durch Rechnung schwer oder gar nicht zu ermitteln sind, besonders bei größeren Ausschnitten in der Wandung des Rohrs für die Abzweigstellen u. dgl.*). Selten zerspringt so ein übermäßig geprüftes Gußstück gleich bei der Probe; aber der gesteigerte Probedruck lockert den Molekularzusammenhang und es bedarf nur einer Reihe Wiederholungen von Stößen beim Transport und Verlegen oder von Widderstößen im Betrieb u. s. w., um diese Lockerung des Gefüges bis zum Riß oder Bruch zu führen.

Ein im Dampfkesselbau gebräuchliches, durch Reichsgesetz geregeltes und bewährtes Verfahren schreibt bei Probedrücken vor, „daß Kessel für eine Dampfspannung bis zu 5 Atmosphären den doppelten, bei allen übrigen Spannungen einen den beabsichtigten Druck um 5 Atmosphären übersteigenden Probedruck aushalten müssen“. Ist dieses Verfahren bei den noch anderen als statischen Drücken unterworfenen schmiedeisernen Kesseln genügend, so hat wohl die Überanstrengung des gußeisernen Rohrmaterials umsoweniger Berechtigung, als die Elastizität des Schmiedeisens eine viel größere ist als diejenige des verhältnismäßig spröden Gußeisens.

*) Berg gibt in seinem Werke „Die Pumpen“, 3. Aufl., Berlin 1906, S. 212 Konstruktionsregeln für Ausschnitte aus Zylindern, welche über diesen wichtigen Punkt aufklären.

Fig. 656 zeigt eine Einspannvorrichtung mit hydraulischem Druck zum Probieren größerer gußeiserner Röhren auf Lagerplätzen. Auf einem gemauerten Fundament liegen zwei eiserne Träger mit einem vorderen Schild, links, für das Muffenende und einem hinteren Schild, rechts, für das Schwanzende des zu prüfenden Rohrs. Der vordere Schild trägt im

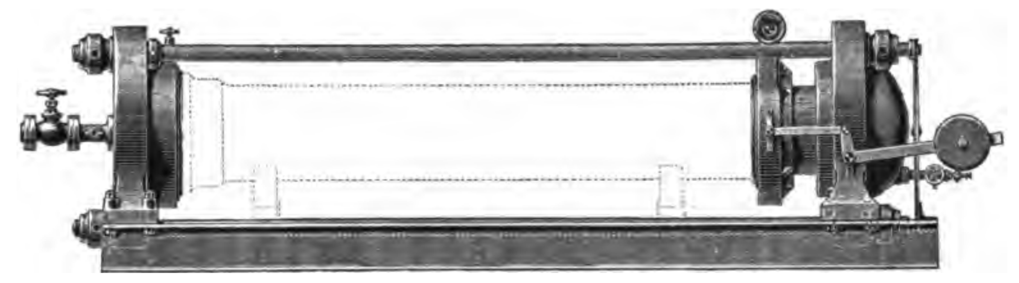


Fig. 656. Hydraulische Röhrenprobierpresse (Reuther).

Rohrmittelpunkt den Anschluß für die Wasserleitung zum Füllen des Rohrs und an einem kleinen Abzweig den Anschluß für die Probierpumpe. Am oberen Teil des Schildes ist das Luftaus- und -einlaßventil. Der hintere Schild enthält die hydraulische Presse zum Einspannen des Rohrs, nachdem dieses von Hand mittels der Gewichtshebel zwischen die beliderten Schilder eingebracht ist. Der Preßkolben führt sich einerseits im hydraulischen Preßzylinder des hinteren Schildes, anderseits mit einer Rolle auf der oberen Zugstange, welche im Verein mit der unteren Zugstange beide Schilde miteinander durch Spannschrauben verbunden hält. Der Preßzylinder hat an seinem tiefsten Punkte den Ablaß für das Preßwasser, welcher zugleich den Anschluß für die Preßpumpe bildet. Das Aufsetzen der größeren Rohre geschieht mittels Krans oder Flaschenzugs. Die Dichtungen auf den gedrehten Stirnflächen der beiden Schilde werden entweder von Gummi erstellt oder von Eisenringen, die mit Hanf umwickelt sind. Die Rohrenden müssen ebenso glatt abgedreht sein, wie die Stirnflächen der Schilder. Fig. 657 zeigt eine von Tautzenberg in Prag angegebene Abdichtung großer Stirnflächen mittels eines starkwandigen, zu einem Ring geschlossenen Gummischlauchs, der, wie in Röhrengießereien üblich, mit Wasserdruck von Akkumulatoren bei 50 bis 100 Atmosphären Pressung durch einfaches Öffnen des oberen Ventils aufgebläht und dicht an die vorher mit Mennige bestrichenen Stirnflächen der Rohre gedrückt wird. Das Ablassen des Druckes erfolgt durch Öffnen des unteren Ventils. Durch Umlegen einer zweiteiligen Rohrschelle läßt sich, wie in der Figur angedeutet, dieser Verschluß mittels Gelenkschrauben auch auf lose Röhren befestigen.

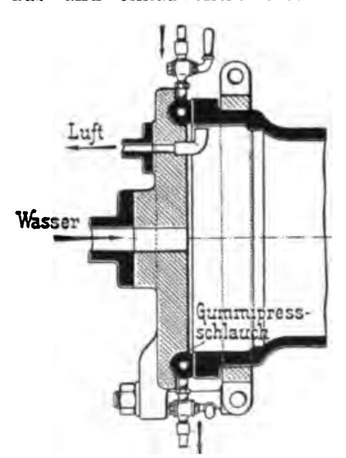


Fig. 657. Hydraulischer Deckelverschluß mittels Schlauchs.

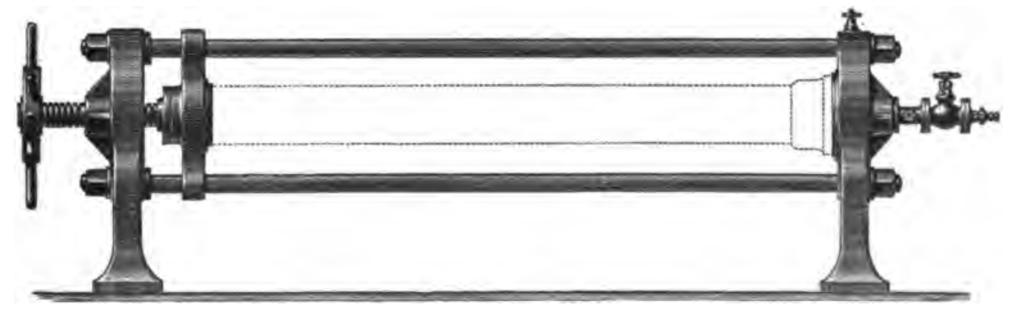


Fig. 658. Röhrenprobierpresse mit Spindelanpressung.

Zum Probieren von gußeisernen Röhren mit Lichtweiten unter 200 Millimeter bedient man sich einer Einspannvorrichtung mit Spindelanpressung nach Fig. 658. Die beiden Endschilder stehen hier direkt auf dem Boden und sind mit zwei oder drei Traversen zusammengehalten; der bewegliche Schild am Rohrschwanzende wird mittels Handrades und der Druckschraube an das Rohr angepreßt. Am rechtseitigen Schild ist in der Mitte der Anschluß für die Wasserleitung

zum Füllen des Rohrs; zwischen dem Absperrventil und dem Schild befindet sich der Anschluß für die Probierpumpe. Am höchsten Punkte des Schildes ist das Luftaus- und -einlaßventil, welches einen senkrechten, innerhalb der Schildwand bis zur jeweiligen Rohrlichtweite führenden Kanal verschließt. Von diesem senkrechten Kanal zweigen horizontale Öffnungen, entsprechend den verschiedenen Rohrdimensionen, durch die Stirnseite des Schildes ab, welche mit Messingschrauben (s. Fig. 661 bei S) verschlossen werden, bis auf diejenige, die zum Aus- und Einführen der Luft aus dem zu prüfenden Rohr offen bleiben muß.

Um Rohre, besonders Formstücke, auf der Baustelle einzeln und ohne größere Umstände zu probieren, bedient man sich mit Vorteil der in Fig. 659 gezeichneten, mittels Schrauben und elastischen Gummirings im Innern des Rohrs dichtenden Vorrichtung von Bausch. Fig. 660 zeigt dieselbe Vorrichtung mit hydraulischer Anpressung des stulpenförmigen Gummirings. Beide Pressungen, die der Abdichtung und des Probedruckes, können mit der Probierpumpe auf der Baustelle erzeugt werden, zuerst 50 bis 100 Atmosphären für Abdichtung der Verschlüsse, dann 10 bis 20 Atmosphären für den Rohrprobedruck. Gegen Herausschieben der Verschlüsse sichern mit zweiteiliger Rohrschelle an der Muffe befestigte Deckel, an die sich mittels schmiedeiserner Stangen (bei Bögen: Ketten) die Verschlüsse des glatten Rohrendes hängen.

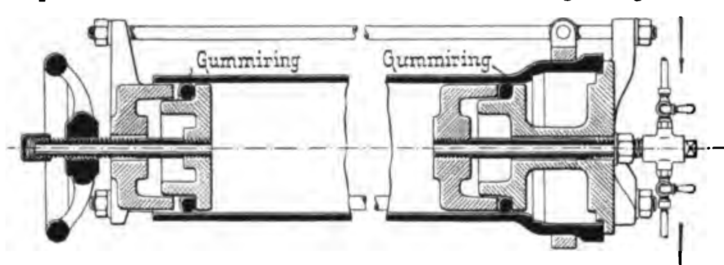


Fig. 659. Verschlußvorrichtung mittels Schrauben.

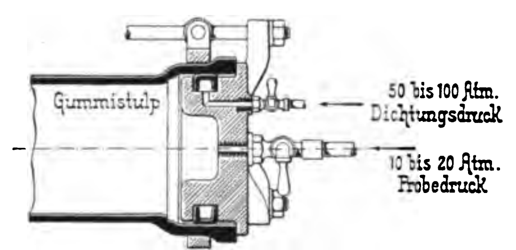


Fig. 660. Hydraulischer Innenverschluß beim Probieren von Röhren.

Fig. 661 u. 662 stellen eine fahrbare Einspannvorrichtung mit hydraulischem Druck dar; sie besteht aus einem fahrbaren eisernen Gestell $F\,F$ (Fig. 662), auf dem die hydraulische Presse H mit dem Preßkolben, dem zum Druckausgleich auf die Stirnflächen dienenden Zwischenstück von Holz Z und dem auf zwei unteren Traversen geführten und mit der Rolle R auf der oberen Traverse beweglichen Schild S' sich einerseits befindet, anderseits ist der Schild S mit der Probierpumpe P gelagert (Fig. 661). Durch Einschalten von verschieden langen Zwischenhölzern Z können auf dieser Presse auch abgeschnittene Rohrstücke und Formstücke von veränderlicher Länge L probiert werden. Der hydraulische Preßkolben ist außer mit den hinteren beiden Kolbenringen auch mit einer am vorderen Zylinderende eingelegten Lederstulpe gedichtet; das Preßwasser wird mittels der hydraulischen Preßpumpe H (Fig. 662) dem untenliegenden Behälter entnommen und stets wieder verwendet. Die Zuführung geschieht zentral, der Ablaß mit Sicherheitsventil nach unten, der Luftauslaß aus dem hydraulischen Preßzylinder von dessen höchster Stelle. In dem Schnitte des linkseitigen Schildes S sind die zentrale Zu- und Abführung des Probierdruckwassers sowie die Führung der Entlüftungskanäle zu sehen. Der näher der Mitte zu gelegene Kanal dient zur Entlüftung der Rohre kleineren Kalibers; es wird hierbei der weiter von der Mitte liegende, für größere Lichtweiten bestimmte Kanal mit einer Metallschraube geschlossen gehalten. Die kleinen Kanäle werden mit Bronze ausgebüchst. Die Probierpumpe P im Grundriß links (Fig. 662) ist mit Manometer versehen, dessen Angaben für den im Innern des Rohres herrschenden Druck bei der Abnahmeprüfung maßgebend sind; die hydraulische Preßpumpe H dagegen (Fig. 661 rechts u. Fig. 662 links) wird lediglich nach der Dichtheit der beiden Rohrendenbeliderungen gehandhabt und kann Pressungen von mehreren hundert Atmosphären auszuüben haben, wenn die Dichtungen (gummi- oder hanfumwickelte Eisenblechringe etc.) nicht halten wollen. Für die Beurteilung der hierfür in der hydraulischen Presse herrschenden Druck- und Kraftverhältnisse können der Figur entnommen werden: Hebelverhältnis der hydraulischen Preßpumpe 1 : 10, Preßpumpenstempel 20 Millimeter Durchmesser, hydraulischer Preßzylinder 350 Millimeter lichter Durchmesser. Drückt der Arbeiter mit normaler Kraftanstrengung von 15 Kilogramm auf den Hebel, so ruft er in der hydraulischen Preßpumpe einen Druck von $10 \,.\, 15 : 3{,}14 =$ rd. 50 Kilogramm-Quadratzentimeter hervor, entsprechend zirka 50 Atmosphären, welche ungeschmälert auf den großen Preßkolben von zirka 1000 Quadratzentimeter Fläche mit $50 \times 1000 = 50\,000$ Kilogramm drücken. Genügt dieser Druck zum Dichten der beiden Rohrenden nicht, so legt sich gelegentlich der Mann mit seinem ganzen Körpergewicht

von 75 Kilogramm auf den Hebel, erzeugt also den fünffachen Druck von 250 Atmosphären, bezw. 250 000 Kilogramm, bis eben das Sicherheitsventil abbläst. Die drei Traverszugstangen müssen diesen höchsten Druck aushalten; sie werden hierbei auf reinen Zug beansprucht und können bei 800 Kilogramm Belastung pro Quadratzentimeter, wenn sie aus gutem massiven Schmiedeisen sind, mit einem Querschnitt von 250 000 : 3 . 800 = rd. 104 Quadratzentimeter entsprechend 115 Millimeter Durchmesser der Zuganstrengung genügen.

Bei der Anschaffung von Einspannvorrichtungen ist besonders darauf zu sehen, daß die Schilde und die Träger derselben, das Gestell, eine der Maximalpressung entsprechende massive

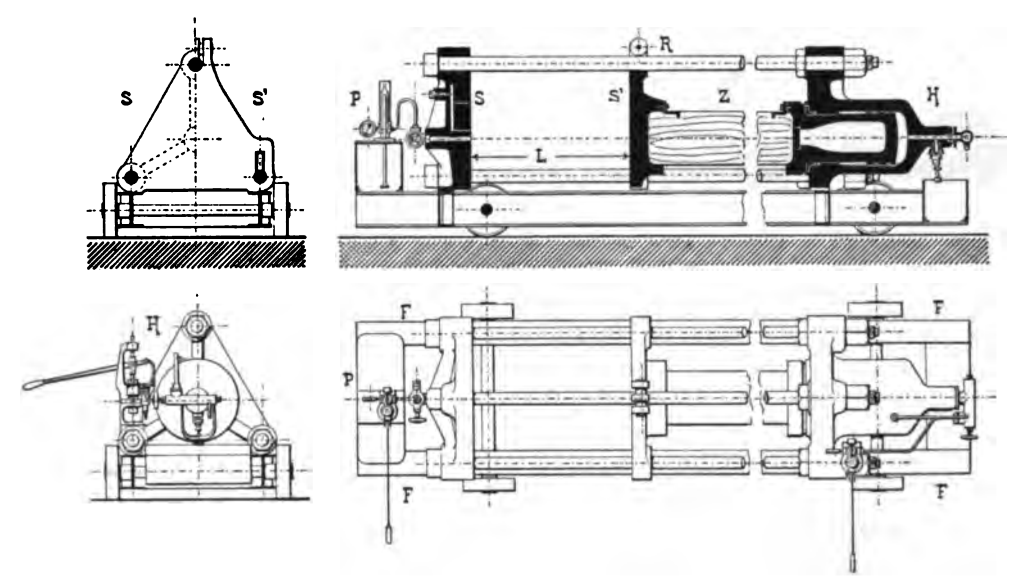


Fig. 661 u. 662. Fahrbare Röhrenprobierpresse. M = 1 : 50.

Konstruktion bilden, die unter keinen Umständen „federn" darf. Die in der Regel aus Gußeisen hergestellten, auf Biegung beanspruchten Schilder lassen sich, ihrer komplizierten Form wegen, nicht berechnen; hier gibt nur die Erfahrung den richtigen Anhalt. Kleine Risse, Gußporen und Hohlstellen, Spannungen etc. sind bei diesen mächtigen Gußstücken nicht selten und haben da und dort zum Bruche geführt, auch bei äußerlich ausreichend scheinender Dimensionierung. Weitere Sorgfalt ist ferner auf die ausreichende Befestigung der Schilder auf dem Gestell, die reichliche Dimensionierung des letzteren und der Druckschild und Preßschild verbindenden Zugstangen, die nur minimale Dehnungen erfahren dürfen, zu legen. Es empfiehlt sich deshalb die größte Vorsicht bei Auswahl der Bezugsquelle für solche Einspannvorrichtungen und es ist auch bei Erfüllung dieser Bedingung auf die Möglichkeit rascher Lieferung von Ersatzstücken Bedacht zu nehmen, wenn beim Bau von Wasserleitungen keine empfindlichen Störungen eintreten sollen.

Während die Rohre unter Druck probiert werden, ist es ratsam, sie auf ihrem ganzen Umfange mittels eiserner Hämmer abzuklopfen, wie bereits oben § 53 bei den Röhren gesagt wurde; ist die Wandstärke normal, so schadet ein nicht zu harter Schlag dem Rohr nicht. Befinden sich jedoch leichte Risse, ungleiche Wandstärken, Poren, Luftblasen u. dgl. im Guß, so machen sich durch das Abklopfen diese Stellen bemerkbar, sei es durch eigentümlichen Klang oder durch Aufreißen, wonach das Rohr als unbrauchbar ausgeschieden werden kann.

Rohrausziehvorrichtungen. Wenn gußeiserne Muffenrohrleitungen bei Regulierungen von Straßen u. dgl. umgelegt werden sollen oder statt einer kleineren Lichtweite eine größere zur Anwendung kommt u. s. w., müssen die alten Rohre getrennt werden, um sie zu reinigen, frisch zu teeren und zur Wiederverwendung bereit zu halten. Das vielfach übliche Ausschmelzen der Bleidichtungen ist eine zeitraubende, für die gute Beschaffenheit der Röhren gefährliche Arbeit. An Stelle derselben tritt in neuerer Zeit das Ausziehen mittels besonderer Rohrausziehvorrichtungen.

Das Ausziehen wird, entsprechend Fig. 663, mittels einer Hebelvorrichtung bis zur Lichtweite von 200 Millimeter von Hand bewerkstelligt. Wird der Hebel *b* in der Pfeilrichtung bewegt, so stemmen sich die Schubstangen *a a* zu beiden Seiten des Rohrs je an die Rohrschellen *c c*,

von denen die eine ihr Widerlager an der Muffe links findet, die andere an die Muffenstirn rechts drückt und dadurch das rechtseitige Rohr aus der Muffendichtung hinausschiebt. Der Hebel hat seinen Drehpunkt an einem Zapfen, der an dem Bügel d_2 in der Mitte des Rohrs sich befindet, die Bügel d d_1 d_3 hängen sattelartig über das Rohr verteilt und führen die beiden Schubstangen $a\,a$ in der Achse des Rohrs. Die ganze Einrichtung besteht demnach aus: 4 Schubstangen a, 2 Hebeln b, durch Rundeisensteg verbunden, 2 Rohrschellen c, 1 Tragsattel d_2, 3 Führungen d, d_1, d_3, zusammen 12 Stück, welche von der Armaturenfabrik Bopp & Reuther in Mannheim in zwei Größen für Rohre bis 100 Millimeter, und 125 bis 200 Millimeter Lichtweite hergestellt werden und für 4 Meter lange Rohre 105 Mark bezw. 135 Mark kosten.

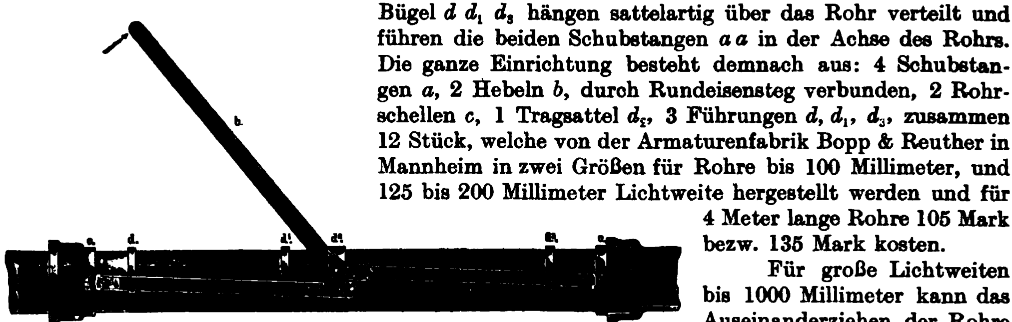


Fig. 663. Rohrausziehvorrichtung mit Handhebel.

Für große Lichtweiten bis 1000 Millimeter kann das Auseinanderziehen der Rohre nur mit hydraulischem Druck nach Fig. 664 vorgenommen werden. An jeder Seite des Rohrs hängt, zwischen Eisenbügeln c_1 und c_2 eingeschraubt, je eine hydraulische Presse a, die mittels der Rohrleitung e e_1 e_2 g f durch eine Preßpumpe betrieben werden. Sobald genügender Druck in der Preßpumpe erzeugt ist, schieben sich die Preßkolben aus den hydraulischen Pressen heraus, drücken auf die Streben b, die zu beiden Seiten des Rohrs in Sattelbögen $d\,d$ liegen und sich einerseits an den Muffenrücken mit der Rohrschelle c_3 feststemmen, anderseits mit der Rohrschelle c, die lose über dem Rohr hängt, auf die

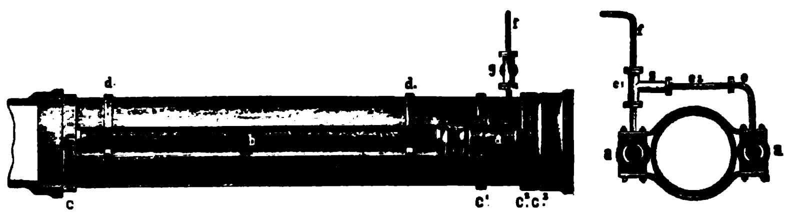


Fig. 664. Hydraulische Rohrausziehvorrichtung.

Muffenstirn des linkseitigen Rohrs drücken und dadurch das Rohr mit dem ganzen Apparat nach rechts schieben. Beim Auseinanderziehen von Muffenrohren, die schon längere Zeit im Boden lagen, steigt der auf das Rohr ausgeübte Zug, bei welchem in der Regel unter dumpfem Krachen der erste Ruck des sich lockernden Rohrs eintritt, auf mehrere Tausend Zentner, die in der Preßpumpe mit 300 bis 400 Atmosphären erzeugt werden müssen. Sobald die Bleidichtung die erste Lockerung erfahren hat, sinkt der aufgewendete Druck sehr rasch und es kann das Rohr mit wenigen Pumpenstößen vollends aus der Muffe hinausgeschoben werden.

Es hat diese Art des Auseinanderziehens von Muffenröhren entschieden große Vorteile gegenüber dem Ausschmelzen der Bleidichtungen, wobei die Rohrwand ungleich erwärmt wird und nicht selten Risse bekommt (vgl. hierüber das in § 53 S. 141 bei den Muffenverbindungen Gesagte). Die hydraulische Rohrausziehvorrichtung und Preßpumpe wird ebenfalls in zwei Größen für Rohre bis 500 Millimeter und bis 1000 Millimeter Lichtweite von der Firma Bopp & Reuther in Mannheim angefertigt. Die Preise sind 260 Mark bezw. 360 Mark ohne die Preßpumpe (Fig. 654 u. 655).

f) Röhrenreinigungsapparate.

Ist bei Anlage einer Wasserversorgung die Eigenschaft des Wassers, Stein abzulagern oder Rost zu erzeugen, erkannt worden, so wird in der Regel von vornherein durch Einbau von sogenannten Reinigungs- oder Streifkasten (s. § 53, S. 130) in Entfernungen von nicht über 100 Meter zunächst dafür gesorgt, daß eine innere Revision zu jeder Zeit und die Einführung von Rohrreinigungswerkzeugen nach Bedarf leicht vorgenommen werden kann. Hat man jedoch diesbezügliche Untersuchungen versäumt [22], so vergehen meistens Jahre, bis durch Nachlassen der Ergiebigkeit einer Leitung auf deren innere Verunreinigung geschlossen und der erste nötige Schritt zur

Abhilfe getan wird; dann ist man gezwungen, die Leitung an einzelnen Stellen aufzuhauen und nachträglich Streifkasten einzubauen.

Sind diese Einrichtungen vorhanden, so ist [14] das schwierigste das erste Einführen der Reinigungsapparate in das am Streifkasten offen liegende Rohr und deren Hindurchziehen bis an das manchmal 100 Meter entfernte andere offene Rohrende des nächsten Streifkastens. Um einen Gegenstand mittels strömenden Wassers durch eine Rohrleitung zu bringen, die nicht nur Richtungsänderungen im horizontalen, sondern auch im vertikalen Sinne enthält, ist es notwendig, daß der Gegenstand kleiner als die engste Stelle des verunreinigten Rohres und ebenso schwer wie Wasser ist; andernfalls bleibt er an der engen Stelle oder an dem auf- oder absteigenden Bogen, wie die Fig. 665 zeigt, hängen. Gummibälle und Holzkugeln eignen sich ebensowenig wie Stein- oder Eisenkugeln; dagegen fand Oesten [14] als geeignetsten Körper den gewöhnlichen Badeschwamm, der, im freien Zustande von kugeliger Form und der ursprünglichen Rohrlichtweite entsprechend, kreuzweise in eine Schnur gebunden wird, fest genug, daß ein Loslösen des Schwammes nicht stattfinden kann, aber auch lose genug, um seine natürliche Elastizität noch äußern zu können. Der Schwamm wird durch einen kräftigen Wasserstrom in dem Rohr vorwärts befördert. An engen Stellen preßt er sich zusammen und wirkt wie ein Kolben, die an ihm befestigte Schnur nach sich ziehend. An der Schnur werden, nachdem der Schwamm mit dem vorderen Schnurende beim zweiten Streifkasten (oder offenen Rohrstück) herausgenommen ist, dickere Schnüre, leichte Ketten, schwere Ketten, leichte Kratzer, Bürsten aus Stahldraht, messerartig schneidende Werkzeuge u. s. f. nachgezogen und entweder durch Hin- und Herziehen von Hand oder mittels Kranwinden in dem Rohrstrang bewegt. Damit das Reinigen des Rohrs immer unter Ausspülen des Schlammes vor sich gehen kann, wird auf den Streifkasten zu Anfang der Strecke ein Wasserbehälter aufgeflanscht, der eine gewisse Druckhöhe durch aufstauendes Wasser ermöglicht und der durch die hinterliegende Leitung regelbar gespeist wird, während das Spülwasser am zweiten Streifkasten oder offenen Rohrende ständig abfließt. Oesten hat in dem Berliner Rohrnetz auf diese Weise in den Jahren 1887 bis 1890 gegen 40 000 Meter Rohre von 75 und 100 Millimeter Lichtweite vom Rostansatz gereinigt, mit einer Kolonne von 6 Mann, die pro Tag zirka 70 Meter Rohr bewältigte und für sämtliche Arbeiten, ausschließlich der Wiederherstellung von Pflasterarbeiten pro laufenden Meter 35 Pfennig erhielt. Mit den Kosten für neue Rohrstücke, Werkzeuge und sämtlichen Geschäftsunkosten stellte sich der Gesamtaufwand auf 70 Pfennig bis 1 Mark pro Meter. Die Apparate lieferte die Firma E. Becker in Berlin, Chausseestraße 100.

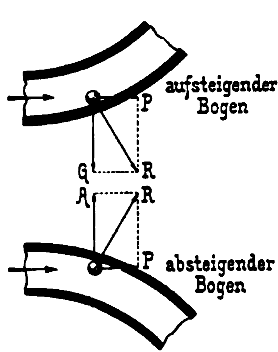


Fig. 665. Hängenbleiben von Körpern im Rohrbogen. *P* Wasserdruckkomponente. *G*, *A* Gewicht oder Auftrieb. *R* Resultante beider.

Im folgenden sollen nun einige Reinigungsapparate des näheren beschrieben werden. Bemerkt mag noch sein, daß bei gänzlicher Inkrustation des Rohrlichten, wie es sich mit gipshaltigem Quellwasser binnen 10 oder 20 Jahren ereignen kann, eine Reinigung unvorteilhaft ist, da die Verlegung einer neuen Leitung billiger wird. Versuche mit salzsäurehaltigem Wasser sind da und dort wohl ausgeführt worden; dieses löst die Gipskruste aber nur dann auf, wenn es strömen kann, und erfordert nachherige gründliche Ausspülung.

Fig. 666 zeigt Röhrenreiniger von Max Weise, Kirchheim u. T. Kleinere Röhren werden mit Stahlbürsten gereinigt, die aus einer zwischen Rundeisen eingeklemmten Drahtspirale bestehen. Vorn hat die Bürste eine eiserne scharfe Spitze zum Aufbrechen von Schlamm u. dgl., hinten ist die durchgehende eiserne Achse mit Gasgewinde versehen, um die Bürste an ein schmiedeisernes Rohrgestänge zu schrauben, mit dem sie in die Röhren eingeführt wird. Diese Bürsten werden in Größen von 38 Millimeter bis 101 Millimeter angefertigt zum Preise von Mark 2,20 bis Mark 3,50 per Stück.

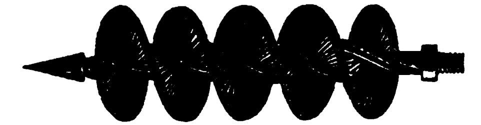

Fig. 666. Rohrbürste für kleine Kaliber.

Fig. 667 zeigt Rohrbürsten für größere Röhren von Max Weise, Kirchheim u. T. Für Röhren von 100 Millimeter aufwärts bis 1000 Millimeter verwendet man Drahtbürsten, die in Form von Scheiben aus drei- bis sechsreihigen Stahldrähten mit Holzkern hergestellt sind. Durch die mittlere Öffnung wird ein schmiedeisernes Rohr, das als Gestänge dient, geschoben und mittels Muttern vor und hinter der Holzscheibe befestigt. Diese Bürsten eignen sich mehr zum Reinigen der Röhren vor dem Verlegen oder im Strang bei leichter Verschlammung. Das Gestänge wird meistens aus 1 Zoll engl. = 25 Millimeter Gasröhren hergestellt. Für gebogene Röhren, Gummischläuche u. dgl. eignen sich die in Fig. 668 gezeigten Kettengliederbürsten aus

Gußstahldraht von Ernst Petzold jun. in Chemnitz, wovon ein Dutzend, 38 bis 101 Millimeter im Durchmesser, 30 bis 60 Mark kostet. Die Bürste muß jedoch, im Gegensatz zu der in Fig. 667 gezeigten, nicht durch ein Gestänge, sondern durch ein Seil gezogen werden.

Eine verstellbare Rohrbürste zeigt Fig. 669. Mit ihr können z. B. 150 Millimeter weite Röhren, aber auch 300 Millimeter weite bei gleichem Modell gereinigt werden. Das Auseinanderspreizen der Bürsten geschieht durch Verstellen der auf dem Schaft befindlichen Mutter. Die Firma Heinrich Meier, Frankfurt a. M. fertigt 3 Größen zu nachstehenden Preisen an:

für Röhren von	70 bis 150	Millimeter Lichtweite	25 Mark		mit Borsten von Fibre, Piassava, Siam etc.
„ „ „	150 „ 300	„ „	35 „		
„ „ „	300 „ 500	„ „	50 „		

Mit Stahldrahtborsten besetzt sind die Preise etwas höher.

Fig. 670 ist ein Rohrschaber für kleinere Lichtweiten von Schneider & Helmecke, Magdeburg. Wenn die Röhren mit Steinansatz belegt sind, so gelingt dessen Entfernung mit Drahtbürsten nicht mehr; man bedient sich dann schärferer Werkzeuge, von denen in Fig. 670 eines dargestellt ist. Diese sogenannten „Rohrschaber“ werden von 30 bis 100 Millimeter Durchmesser

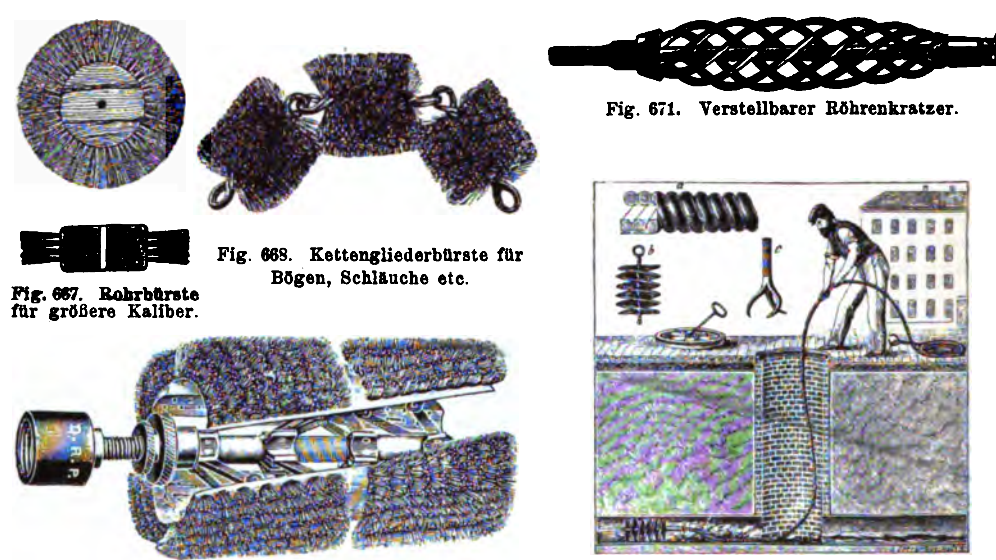


Fig. 667. Rohrbürste für größere Kaliber.

Fig. 668. Kettengliederbürste für Bögen, Schläuche etc.

Fig. 669. Verstellbare Rohrbürste.

Fig. 671. Verstellbarer Röhrenkratzer.

Fig. 672. Rohrbürste mit biegsamer Welle.



Fig. 670. Rohrschaber für kleine Lichtweiten.

angefertigt und bestehen aus einem zirka 1 Meter langen Flacheisen mit halbrunden Messern, die gegenseitig schräg längs des Stabes versetzt sind; das Ende des Stabes trägt eine Verlängerung von schmiedeisernem Rohr, an welches sich das Gestänge anschließen läßt. Bei längeren Röhrenfahrten werden die einzelnen Gestängeglieder nur in je 1 Meter langen Stücken angeschlossen, die dann, um Durchbiegen zu verhindern, durch leichte Rollen getragen werden.

Fig. 671 zeigt einen elliptisch geformten Röhrenkratzer von Gustav Pickardt, Bonn, der sich mittels einer am Ende des Gestänges befindlichen Schraubenmutter je nach der Lichtweite des inkrustierten Rohres verstellen läßt, so daß die scharfkantigen Stahlbänder mehr oder weniger angreifen. Diese Röhrenkratzer werden von 25 bis 150 Millimeter Durchmesser angefertigt. Andere erprobte Röhrenkratzer liefert Paul Lechler, Stuttgart.

Fig. 672 zeigt biegsame Wellen von Gustav Pickardt in Bonn; sie können mit Vorteil da zur Verwendung gelangen, wo die Leitungen nicht unter Druck stehen, wie z. B. bei Zuleitungen, Abflußleitungen u. dgl., und wo die Wellen durch Schächte, wie die Figur zeigt, eingeführt werden können. Die Wellen bestehen aus zwei sehr eng nebeneinander gewundenen Gußstahlspiraldrähten *a*, welche ein sehr biegsames und dabei genügend stabiles Spiralseil bilden und so geeignet sind zum Reinigen und Durchstoßen von Kanälen oder Röhren, ohne zu knicken oder zu brechen und bequem jeder Kurve folgen können. Letzteres kann mit einem geraden Gestänge, wie es in den vorhergehenden Figuren beschrieben ist, nicht geschehen. Die bieg-

samen Wellen können an einem Ende mit einer, dem Durchmesser der Röhren entsprechenden zylindrischen Drahtbürste *b* versehen werden, falls es sich um Reinigen von Schlamm handelt; zur Beseitigung festsitzender Hindernisse kann an das Ende der biegsamen Welle ein korkzieherähnliches Werkzeug *c* befestigt werden, das durch Drehen der Welle in das Hindernis eingeschraubt wird, und es ist alsdann das Herausziehen desselben nicht mehr beschwerlich. Die Einführung der runden Bürsten oder anderer geeigneter Werkzeuge muß hier natürlich durch die eingangs angegebene Methode des Schwammes mit nachfolgendem Seil geschehen, da bei mangelndem Wasserdruck ein Vorwärtstreiben der Bürste mittels der biegsamen Welle nicht möglich wäre, letztere kann wohl auf Zug aber nicht auf Druck beansprucht werden.

Die biegsamen Wellen werden von genannter Firma in nachstehenden Dimensionen zu jeder Länge angefertigt.

Äußerer Durchmesser	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	mm
Aus Stahldraht von	$1^2/_3$	$1^2/_3$	2	2,2	2,8	3,4	4	4,6	5	6	mm
Geeignet für Kurven mit einem Radius von	0,1	0,13	0,21	0,25	0,28	0,42	0,48	0,60	0,70	0,90	m
Preis pro laufender Meter . .	0,50	0,75	1,00	1,30	1,70	2,25	3,00	4,00	5,50	7,50	Mk.

Fig. 673 zeigt eine bewegliche Rohrbürste Patent Merz. Die Drahtbürsten sitzen in Holzscheiben, von denen sechs Stück mit zwischenliegenden Gummischeiben und zwei Endblechen mittels durchgehender vier Schrauben zu einem ganzen schwimmfähigen System zusammengehalten werden. Durch diese Bürstenwalze hindurch wird ein Drahtseil oder eine der vorher beschriebenen biegsamen Wellen gesteckt und an beiden Seiten mit einem Spannschloß befestigt. Je an dem Bolzen des Spannschlosses greift dann das Zugseil an, welches die Bürste in dem Rohrstrang hin und her zu ziehen hat. Das Werkzeug hat infolge seiner Gliederung eine gewisse Beweglichkeit und kann somit Krümmungen passieren. Werden statt der Gummischeiben mehrere Lederscheiben verwendet, so verliert die Bürste etwas an Beweglichkeit, ist aber dauerhafter.

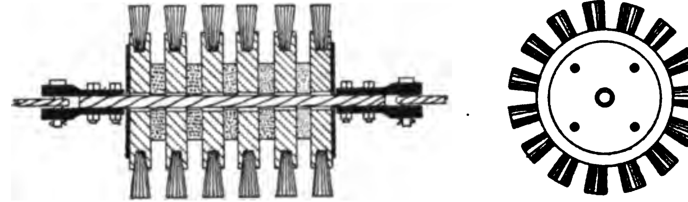


Fig. 673. Bewegliche Rohrbürste.

Fig. 674 zeigt eine durch den Wasserdruck sich selbst drehende Bürste zum Rohrreinigen (Patent Merz). Auf einer Spindel *a*, die spiralförmig zusammengedreht ist, sitzen an den beiden Enden Drahtbürsten *b b* und zwischen ihnen ein glockenförmiger Dichtungsflansch *f*, der auf einer Muffe *c* festgezwängt ist. In der Muffe drehbar ist die Spindel *a* gelagert, welche hinter der Muffe (rechts) ein Turbinenrad *d* trägt, das sein Triebwasser aus dem Leitungsstrang von *f* her durch Zuleitungskanäle *i* in der Muffe erhält und seine Drehung auf die Rohrbürsten überträgt. An der vorderen (rechten) Seite hat die Spindel ein kreuzförmiges Schneidewerkzeug, um in festem Schlamm den Bürsten den Weg zu bahnen, es nimmt an der Drehung der Spindel teil, sowie auch alles, was an diese rückwärts angeschlossen ist, also die Zugseile, um den Apparat zurückziehen zu können, wenn etwa auf ein Hindernis gestoßen wird. Ist die Bahn frei, so sollen die durch den Flüssigkeitsdruck sich stetig drehenden Bürsten bis an das andere offene Rohrende gelangen.

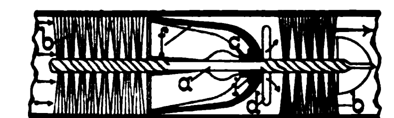


Fig. 674. Drehbare Rohrbürste.

Eine eigenartige Erfindung machte, gezwungen durch die allmählich bis auf $^2/_3$ des Durchmessers sich von Steinkruste bildende Verengung einer Abwasserleitung der „Deutschen Solvaywerke“ in Bernburg, deren Werkmeister F. W. Nowotny. Nachdem verschiedene Versuche, die aus den Sodarückständen sich ausscheidenden Niederschläge in der Abwasserleitung zu beseitigen, mißlungen waren, unter anderem auch der da und dort, wie S. 493 angedeutet, bei öffentlichen Wasserleitungen angestellte Versuch, die abgesperrte Leitung am Abend mit einer verdünnten Salzsäurelösung zu füllen, über Nacht die Salzsäure auf die Inkrustation wirken zu lassen und am frühen Morgen durch kräftige Ausspülung mit frischem Leitungswasser sowohl die aufgelösten Kalksalze als etwa noch übrige freie Salzsäure zu entfernen, an dem harten Stein des Niederschlages scheiterte, entschloß sich Nowotny, einen neuen Weg zu beschreiten: das beim mechanischen Ausbohren versteinerter Siederöhren an Dampfkesseln vielfach erprobte Verfahren mit hydraulischem Druck auf die inkrustierte Abwasserleitung anzuwenden. Wie aus den Prospekten der „Deutschen Röhrenreinigungsgesellschaft Otto Mierisch & Co. in Dresden“ hervorgeht, hat sich das neue Verfahren, dessen Apparat in Fig. 675 dargestellt ist (Patent Nowotny

Nr. 117 277 [20]), in vielen Fällen bereits bewährt. Der Vorgang bei Anwendung des Apparats besteht in folgendem.

Sämtliche in die Leitung eingeführten Körper des Reinigungsapparats sind im wesentlichen von eichelförmiger Gestalt und durch Doppelgelenke so miteinander verbunden, daß sich jeder Teil unabhängig von dem anderen bewegen und drehen kann. Der vordere Schwimmer $F_{,}$ von kleinerem Durchmesser, besteht aus einem Holzkörper mit umgelegtem Metallring. An ihn schließt sich der Schneidkörper S aus Metall an, welcher auf seiner vorderen Hälfte mit scharfen Ansätzen oder Zähnen besetzt ist, während in die hintere Hälfte schraubenförmig verlaufende Gänge mit scharfen Rändern eingeschnitten sind. Der dritte Teil B ist ein hohler Metallkörper, der außen mit einer Stahldrahtbürste überzogen ist und im Innern um eine dünne Achse gelagerte Schrauben-

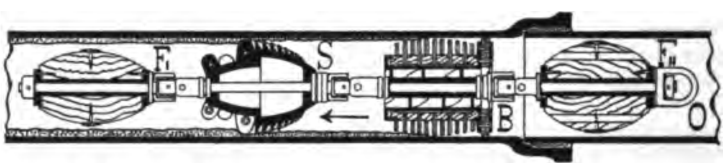


Fig. 675. Röhrenreinigungsapparat Nowotny.

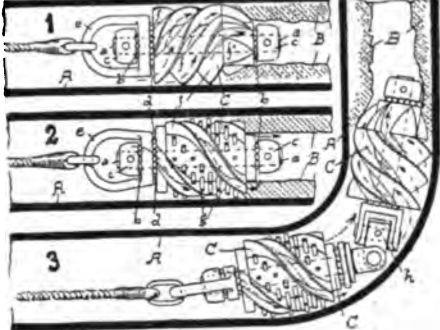
flächen trägt. An seinem hinteren Ende ist eine Abschlußplatte aus Leder, Gummi oder dgl. angebracht, auf welche der Wasserdruck wie auf einen Kolben einwirkt, um die ganze Vorrichtung in der Rohrleitung vorwärts zu treiben. Nur der Ringraum um die Achse bleibt für die Durchströmung des Wassers frei. Der letzte Körper $F_{,,}$ ist wieder ein Schwimmer aus Holz mit umgelegtem Metallreifen, ist aber in der Längsrichtung vielfach durchbohrt, um das Druckwasser hindurchzulassen. An dem Schlußohr O ist ein Drahtseil zu befestigen. Die beiden mittleren Körper S und B werden nun infolge des strömenden Wassers und der auf und in ihnen angebrachten Schraubenflächen in steter Drehung erhalten, wobei die messerartigen Ansätze an S in die steinige Ablagerung des Rohres zunächst schmale Rinnen in größeren Abständen einschneiden, während die folgenden scharfen Kanten der Schraubengänge die Ablagerung in kleinen Stücken losbrechen. Die Bürste B dreht sich entgegengesetzt und reißt etwa noch anhaftende kleinere Stücke ab, glättet die Rohrwandung und hält die abgelösten Massen in Bewegung. Bei weichen, schlammigen Ablagerungen kann der Schneidkörper S durch einen zweiten Bürstenkörper ersetzt werden, der sich auch entgegengesetzt zum anderen dreht.

Fig. 676 zeigt den oberen Einbau des Nowotnyschen Röhrenreinigungsapparates und die Einführung der Apparate in eine Rohrleitung mit dem Revisionsschacht und dem Streifkasten, der durch eine Stopfbüchse das Drahtseil einführen läßt, sowie mit der Seilwinde zum Zurückziehen des Apparats. Der Arbeiter fühlt mit der rechten Hand an dem Bremshebel das Vorwärtsschreiten des Apparates ab und läßt die Bremse dementsprechend los. Bleibt der Apparat stecken, so wird das Seil schlaff, und mit der linken Hand zieht der Arbeiter dasselbe wieder straff, so daß der Apparat wieder von vorn beginnen muß.



Fig. 676. Handhabung der Nowotnyschen Röhrenreinigungsapparate.

In Fig. 677 sind verschiedene Formen der Nowotnyschen Röhrenreinigungsapparate gezeigt, da je nach der Art der Inkrustationen in der Praxis verschiedene Messerkonstruktionen nötig sind. Es bedeuten bei den drei ersten Arten: A die Rohrleitung, B die Ablagerung, C den Schneidkörper, $a\,a$ die Achse, $b\,b$ und $d\,d$ Kugellager zur leichteren Drehbarkeit der gedrückten Flächen am vorderen Stellring c und hinteren Ohr e, $f\,f$ sind die schraubenförmigen Gänge für das Druckwasser, g stachelförmige Messer oder Stifte. Gruppe 1 dient zum



Losbrechen von harten Niederschlägen; Gruppe 2 zum Aufreißen weicher Niederschläge; Gruppe 3 zeigt die Verbindung zweier solcher Werkzeuge; das erste bohrt sich in den Stein ein und das zweite reinigt nach. Das mittlere Doppelgelenk (Kreuzgelenk) gestattet das Passieren von Krümmungen mit 90 Grad. Gruppe 4 zeigt den Apparat für weite Rohre mit hartem Niederschlag und auswechselbaren Messern; Gruppe 5 dient zum Reinigen weiter Rohre von weichem Niederschlag mittels Stiften, die Schraubengänge sind im Hohlraum untergebracht.

Nach den bisherigen Erfahrungen ergaben sich nachstehende Daten bei Rohrreinigungen:

Lichter Rohrdurchmesser	Wasserdruck auf den Apparat	Geschwindigkeit pro Minute	Wasserverbrauch pro Meter
Millimeter	Atmosphären	Meter	Liter
50	5—6	3	3
80	4—5	5	7,5
100	4—5	8	12
125	4—5	10	18
150	4—5	16	27
200	3—4	28	50
250	2—3	33	75

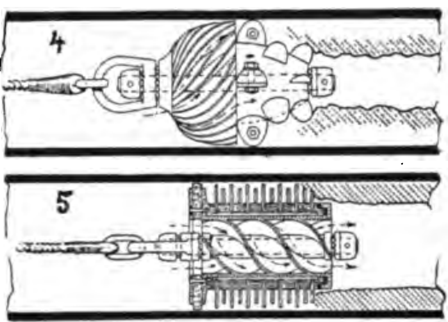


Fig. 677. Verschiedene Formen der Nowotnyschen Röhrenreinigungsapparate.

Fig. 678 sind Reinigungsapparate von Nowotny für enge Röhren, wie sie bei den Wasserrohrkesseln der Kriegs- und Handelsmarine, bei denen der lichte Durchmesser der Siederohre zwischen 20 und 30 Millimeter schwankt, angewendet werden; diese können daher bei Wasserleitungsröhren kleinster Lichtweite ebenfalls dienen. Sie sind in halber natürlicher Größe dargestellt. Auch diese Apparate werden durch Wasserdruck, meist mittels der Speisepumpe, in einem handlichen Einführungsapparat eingebaut, angetrieben.

In neuerer Zeit haben in verschiedenen größeren deutschen Städten mit den vervollkommneten Nowotnyschen Apparaten durch die „Gesellschaft für Röhrenreinigung m. b. H. in Berlin-Schöneberg" nach Patenten Müller Nr. 151 256, 151 711 und 151 717 umfassende Rohrreinigungsarbeiten stattgefunden, und zwar sind 1905 in Zwickau [27] 6500 Meter Wasserleitungsrohre mit 80 bis 150 Millimeter lichter Weite bei 4 Atmosphären Leitungsdruck von Eisenrostknollen gereinigt worden; die Apparate wurden an den Absperrschiebern bei abgenommener Haube eingeführt, da sie eine kurze Baulänge und nur 1 Glied gegen 4 der Nowotnyschen besitzen. Sie durchliefen zwischen den Schiebern Strecken von 200 bis 300 Meter. In Krefeld [32] wurden 1907 nachstehende Rohrstrecken probeweise gereinigt:

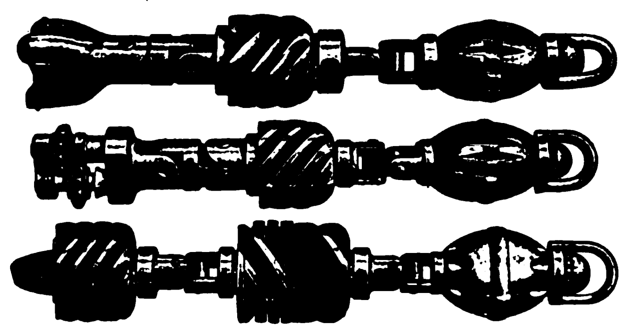


Fig. 678. Nowotnysche Apparate für kleine Kaliber.

Rohrweite	Länge	Betriebsdruck	Durchmesser der Ausflußöffnung	Verminderung des Rohrquerschnitts durch	Zeitaufwand für die reine Bohrarbeit:		Kosten der Reinigung pro laufenden Meter	Bemerkungen
mm	Meter	Atmosph.	Millimeter	d. Inkrustation	im ganzen	pro lfd m		
80	210	3	80	65 Prozent	$3^1/_2$ Std.	1 Minute	68 Pf.	Ohne Streifkästen
80	210	3	80	65 „	2 „	0,6 „	68 „	„ „
200	480	2,5—3	125	28 „	5 „	0,6 „	44 „	„ „
200	710	2,5—3	125	28 „	$4^1/_2$ „	0,4 „	44 „	„ „
400	760	1,5—2	250	15 „	$4^1/_3$ „	0,34 „	1 M. 35 Pf.	Mit Streifkästen

Im Laufe der nächsten Jahre sollen in Krefeld ca. 100 Kilometer des Wasserrohrnetzes nach und nach von den stellenweise ziemlich harten Inkrustationen — Gips und Eisenschlamm — auf Grund der gewonnenen Resultate gereinigt werden.

Literatur
über Röhrenreinigungsapparate.

[1] Reinigung der Leitung von Brisbane. Engineer. 1874 — I, S. 68. — [2] Cleaning water mains. Engineer. 1874 — I, S. 296. — [3] Knotts tube scraper, cleaner and stopper. Engineer. Bd. 42 (1876), S. 33. — [4] Leuschner, Desinkrustation von Wasserleitungsröhren. Wochenschr. d. österr. Ing. u. Architektenvereins. 1876, S. 338. — [5] Scraping machine for cleaning water mains. Engin. 1880 — I, S. 404. — [6] Klimitsch, Reinigung verschlämmter Wasserleitungsröhren. Glasers Annalen. 1881 — II, S. 127 u. 226. — [7] Merz, Reinigung von Wasserleitungsröhren. Deutsche Bauzeitung. 1883, S. 70. Separatabdruck. Karlsruhe 1883. — [8] Reinigung gußeiserner Wasserleitungsröhren. Industrieztg. Bd. 4 (1886), S. 36. — [9] Claysons Apparat zum Reinigen von Wasserleitungsröhren. Zeitschr. f. Bauhandw. 1886, S. 168. — [10] Iben, Inkrustierte Wasserleitungen und deren Reinigung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1887, Bd. 30, S. 716. — [11] Reinigung von Wasserrohrleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 31, (1888), S. 494. — [12] Über das Reinigen von Rohrleitungen. Baugewerksztg. Bd. 21 (1889), S. 153. — [13] Keatings pipe scraper. San. Engin. Bd. 20 (1889), S. 321. — [14] Oesten, Die mechanische Reinigung gußeiserner Wasserröhren in der Leitung in Berlin. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1890, S. 583. — [15] Henderson, H., On the removal of corrosion from the interior water mains and cost of scraping. Proceed. Inst. Civ. Eng. Bd. 116 (1894), S. 107. — [16] Barr, On the scraping and cleaning of water mains. Engin. Bd. 83 (1897), S. 647. — [17] The incrustation of iron pipes at the Torquay waterworks. Engin. 1899, S. 454. — [18] Deacons pipe brush. Engineer. 1899, S. 494. — [19] E. Merz, Die Reinigung von Wasserleitungsröhren auf mechanischem Wege. Karlsruhe 1900. — [20] Beseitigung von Rostknollen in Wasserrohren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 696. — [21] Reinigung von Wasserleitungsrohrnetzen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 33. — [22] Reinigen von Wasserleitungsrohrnetzen nach Nowotny. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 612. — [23] Reinigung eines Betonkanals von eingewachsenen Baumwurzeln nach Koß, Eger. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 790. — [24] Reinigung des Wasserrohrnetzes in Nordhausen mit Nowotnys Apparat. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 427. — [25] Mitteilungen über eine mit gutem Erfolge vorgenommene Reinigung eines 7,6 Kilometer langen Zuleitungsstranges des Wasserwerks Amberg mit dem Apparat von Koß in Eger. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 597. — [26] Erfahrungen beim Reinigen von Wasserleitungen und Betonkanälen, Koß. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 599. — [27] Die Reinigung des Zwickauer Rohrnetzes. Techn. Gemeindebl. 1905, S. 38 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 624. — [28] Manganhaltige Ablagerungen in den Röhren der Wasserleitung von Verviers. Chem. Zentralbl. 1905, S. 1040. — [29] Campbell-Brown, Über den Ursprung, die Natur und die Verhinderung von Ablagerungen und Inkrustationen in Wasserleitungsröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 390. — [30] Kretzschmar, Erfahrungen mit Rohrreinigungsapparaten bei der Zwickauer Wasserleitung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 730. — [31] Reinigung einzelner Rohrstrecken von Schneckenanwüchsen in Chicago (Michiganseewasser). Eng. Rec. 1907, S. 172. — [32] Ergebnisse mit Rohrreinigungsapparaten am Wasserrohrnetze der Stadt Krefeld. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 695. — [33] Oesten, Enteisenung und Wiedervereisenung des Wassers (im Rohrnetz des Zoologischen Gartens Berlin). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 203.

Deutsche Reichspatente
für Röhrenreinigungsapparate.

Nr. 36 360. Röhrenbürste. Perner. — Nr. 57 368 u. 58 180. Rohrkratzer. — Nr. 59 364. Rohrreiniger. — Nr. 67 368. Verfahren zur Entfernung des festen Schlammniederschlags aus Rohrleitungen durch Einführung eines Stroms nichtkondensierbarer Gase, in Luft, Kohlensäure etc. unter gleichzeitiger kräftiger Spülung. Hering. — Nr. 71 600. Reinigungs- und Desinfektionsvorrichtung für Röhren. — Nr. 71 976. Wasserkasten mit Reinigungsvorrichtung. Kroboek. — Nr. 73 357. Vorrichtung zum selbsttätigen Reinigen der Böden von Wasserkästen. Kleinfeld. — Nr. 76 968. Sinktopf für Wasserleitungen. Wingen. — Nr. 102 207. Verfahren und Vorrichtung zur Ortsbestimmung von Hindernissen in Rohrleitungen. Batcheller. — Nr. 117 277. Vorrichtung zum Reinigen langer Rohrleitungen. Nowotny. — Nr. 124 225. Vorrichtung zum Reinigen von Röhren mit durch Flüssigkeitsdruck selbsttätig sich drehender Bürsten. Merz. — Nr. 134 565. Rohrreiniger. Martienssen. — Nr. 147 818. Rohrreiniger mit scheibenartigen Schneidwerkzeugen. Koß. — Nr. 151 256. Rohrreiniger mit Ledermanschette. Müller. —

Nr. 151 273. Rohrreiniger mit Turbine und Bohrkopf. Elliot. — Nr. 151 711. Rohrreiniger mit Turbine und Bohrkopf. Müller. — Nr. 151 717. Bohrkopf mit Rohrreiniger. Müller.

g) Sandwäschen.

Bei den mit Sandfiltern arbeitenden Wasserwerken ist eine wesentliche Aufgabe das Waschen des durch die Filtration verschlammten Sandes, um ihn wieder verwenden zu können. Es ist ein großer Unterschied in dem Grad der Verschlammung, sowohl was die Dauer anbelangt, innerhalb welcher das Sandmaterial für die zu filtrierende Wassermenge undurchlässig wird, als auch in der Mächtigkeit und Beschaffenheit der Schlammschichte, welche sich auf dem Sande ablagert. Bei Wasserwerken, die Wasser aus Seen, Stauweihern, Ablagerungsbassins u. dgl., welche einen großen Teil des Schlammes zurückbehalten, auf ihre Filter leiten, gelangt ein ziemlich reines Wasser auf den Filtersand und es vergehen Wochen, ja Monate, bis die Filterschichte (das ist die eigentlich filtrierende, die Sandporen schließende Deckschichte) eine verstopfende Wirkung auf das Filter ausübt und entfernt werden muß. Die Mächtigkeit dieser Deckschichte beträgt dabei aber kaum einige Millimeter; weil jedoch beim Abziehen dieser dünnen Schichte mittels eiserner Krücken letztere infolge ihres Gewichtes, wohl auch durch den Druck von seiten des Arbeiters, tiefer in den Sand einsinken, so mißt die Stärke der gesamten abgezogenen Sand- und Schlammschichte ca. 2 bis 3 Zentimeter. Hiervon sind dann rund 20 Prozent Schlamm, 80 Prozent Sand; dementsprechend ist auch die Ausbeute an gewaschenem Sand, nachdem der Schlamm von den Sandkörnern weggespült oder sonstwie entfernt wurde. Ganz anders verhält sich die Ausbeute an Sand bei Filterwerken, welche ihr Rohwasser direkt einem Flußlaufe ent nehmen. In Zeiten langer Trockenheit erreicht wohl das Flußwasser einen nahezu ebenso hohen Klarheitsgrad wie Seewasser oder vorher abgelagertes Wasser aus Talsperren u. dgl. Zu Zeiten großer Regengüsse dagegen, besonders wenn letztere nach anhaltender Dürre auftreten, werden von den Landstraßen, Feldwegen, Gassen und Plätzen große Mengen Staub und Kot abgeflößt, welche erst in die Straßengräben oder Kandel und Gossen, durch diese in Bäche oder Kanäle und schließlich in den Fluß gelangen. Zu solchen Zeiten hat das Flußwasser etwa das Aussehen von Schokolade. Es ist dann im stande, die Filter, auch wenn sie frisch abgeschlammt sind, binnen wenigen Tagen so zu verschlammen, daß sie undurchlässig werden. Wird dann solch ein Filter gereinigt, so zeigt sich die Schlammschichte 3 bis 6 Zentimeter mächtig und die eisernen Krücken dringen kaum einige Millimeter in die eigentliche Sandschichte ein, so daß der abgezogene Schlamm nur den an seiner unteren Seite durch die Klebrigkeit hängen bleibenden Sand aufweist. Daß die Wiedergewinnung dieser geringen Menge Sandes mit erheblichem Aufwand an Zeit und Arbeit und mit großen Quantitäten Waschwassers in den meisten Fällen sich nicht lohnt, ist einleuchtend. Ereignet sich hierbei noch, daß der abgezogene Schlamm mangels Arbeitspersonals, Waschwassers u. s. w. im Sommer längere Zeit liegen bleibt, wobei die Schlammkuchen zu festen Knollen zusammenbacken, oder im Winter zusammenfrieren, so ist das Sandwaschen eine recht schwere Arbeit. Dennoch wird sie dort nicht unterlassen werden können, wo der Preis des frischen Sandes 10 bis 20mal höher ist, als derjenige für das Waschen des gebrauchten. Dann ist aber sehr zu empfehlen, den Sand alsbald nach dem Abziehen zu waschen, ihn also noch feucht aus dem Filter direkt nach der Sandwäsche zu bringen. Der Aufwand an Spülwasser und an mechanischer Arbeit, sei es durch Hand- oder Maschinenbetrieb, wird hierbei ein Minimum.

Die bekanntesten Sandwascheinrichtungen sind:

1. Die Wasserstrahlsandwäsche von Hand. Bei dieser wird (s. Fig. 679) mittels eines Strahlrohrs unter dem jeweils bei dem Filterwerk zur Verfügung stehenden Wasserdruck, jedoch möglichst nicht unter 1,5 bis 2 Atmosphären, ein Strahl Wasser auf die Schlamm-

haufen gerichtet, welche in geneigt im Boden angelegten, mit Mauerwerk (Hartholz wird angegriffen) ausgekleideten Pfannen aufgeschüttet werden. Durch die mechanische Einwirkung des kräftig spritzenden Wasserstrahls löst sich der Schlamm von den Sandkörnern und fließt in namhafter Verdünnung über die geneigte Sohle der Pfanne, um sich zunächst in einem Sandfang des etwa mitgerissenen Sandes zu entledigen und dann als trübe Brühe in den Abflußkanal zu gelangen. Nach einiger Zeit (je nach dem Grad der Verschlammung in 5 bis 15 Minuten) bemerkt der Arbeiter, der das Strahlrohr führt, an dem immer klarer werdenden Abwasser den Fortschritt der vorgegangenen Reinigung des Sandes. Er schaufelt den durch den Wasserstrahl auseinander getriebenen restlichen Sandhaufen wieder zusammen, und beginnt aufs neue mit dem Bespritzen, bis an dem völlig klaren Abwasser das Ende des Reinigungsprozesses erkannt wird. Hierauf wird der Sand nach den Depots verbracht, und die Sandwäsche kann von neuem beginnen u. s. f. Bei dieser Art Sandwäsche beträgt die Leistung eines Mannes 2 bis 5 Kubikmeter pro Tag. Auf 1 Kubikmeter gewaschenen Sandes sind, je nach der Mächtigkeit der Verschlammung, 10 bis 25 Kubikmeter Wasser zu rechnen. Kleinere Filterwerke, etwa bis zu 2000 Quadratmeter Filterfläche, bedienen sich mit Vorteil dieser Art Wäsche, sobald sie über die nötige Wassermenge verfügen.

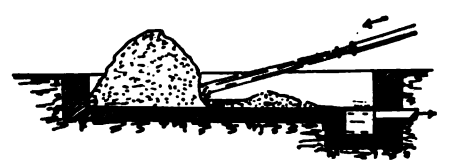


Fig. 679. Sandwäsche mit Strahlrohr. M = 1 : 100.

2. Die Wasserstrahlsandwäsche der A.G. Körting, Hannover. Diese Firma baut seit vielen Jahren eine Sandwäsche nach Fig. 680 unter Anwendung ihrer Strahlelevatoren. In ein System von ringförmig trichterartigen ineinander geschobenen Düsen mit Zwischenräumen, die selbst größere Steine durchlassen, dringt ein kräftiger Wasserstrahl (mitunter mit Luft vermischt, wenn der Betriebsdruck schwach ist), und wirft den die Düsen umlagernden Schlammsand in einen Behälter mit Überlauf für das Schlammwasser; aus diesem Behälter befördert ein auf dem Boden befindlicher Strahlelevator in gleicher Weise wie vorhin das Waschgut in einen dritten und aus diesem ebenso in einen vierten, und so gelangt der vielfach bespülte und geschleuderte, von Schlamm allmählich befreite Sand am Schlusse zum Auswurf in eine Rinne, in welcher sich Wasser und Sand scheidet, um letzteren auf die Depots bringen zu können. Da jeder der großen kastenförmigen mit unterem Blechtrichter versehenen Behälter einen Wasserstrahlapparat besitzt, so ist die aufgewendete Wassermenge sehr beträchtlich und deshalb nur für diejenigen Filterwerke zweckmäßig, welche über große und billige Druckwassermengen verfügen. In großem Stile ist eine derartige Sandwäsche bei dem Hamburger Wasserwerk Fig. 681 [1] in Betrieb. Die Leistungsfähigkeit wird bis zu 20 Kubikmeter Sand pro Arbeitstag angegeben mit 20 Kubikmeter Druckwasser pro Kubikmeter gewaschenen Sand.



Fig. 680. Sandwäsche mit Wasserstrahlelevatoren.

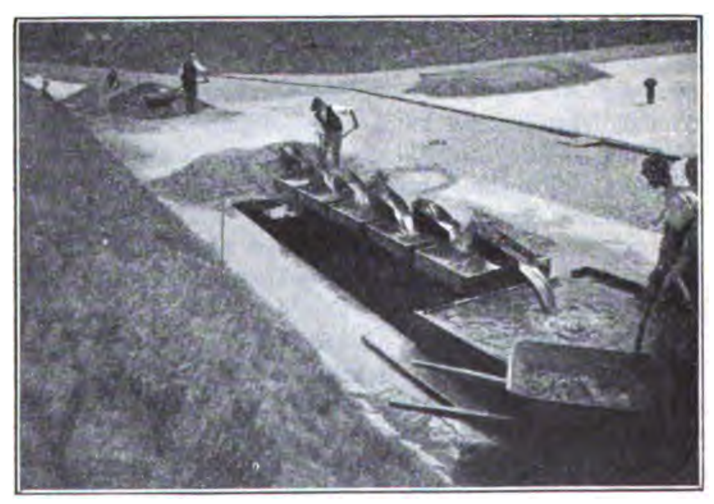


Fig. 681. Körtingsche Sandwäsche der Hamburger Filterwerke.

Diese Art Sandwäsche läßt sich — unter der Voraussetzung, daß genügend und billiges Druckwasser verfügbar ist — verbinden mit dem Transport des Schlammes von der Gewinnungsstelle im Filter, etwa einem vertieft im Filter eingebetteten Sammelplatz, mit eingebautem Strahl-

apparat (Fig. 682), mittels dessen man nicht nur das lästige und zeitraubende Austragen des Schlammes vermeidet, sondern welcher auch die höchst wichtige sofortige Vermischung des Schlammes mit Wasser besorgt. Der Schlamm findet auf dem Wege nach der Wäsche Zeit, sich vom Sandkorn zu lösen und das Waschgut wird so reiner erhalten. Auch von der Wäsche nach dem Sandlagerplatz läßt sich dieser hydraulische Transport anwenden, so daß zur Bedienung der ganzen Sandwäscherei einschließlich Verbringen des Sandes vom Filter zur Wäsche und von dieser zum Depot ein geringes Aufgebot von Arbeitskräften genügt.

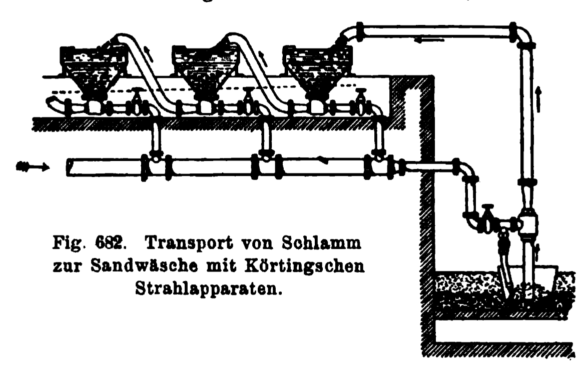


Fig. 682. Transport von Schlamm zur Sandwäsche mit Körtingschen Strahlapparaten.

Eine Waschvorrichtung für Kies, der nahezu in jedem Filtersand enthalten ist und bei welcher der zu reinigende Kies über geneigte und stufenweise übereinander angeordnete Platten gespült wird, ist Seelow unter Nr. 185036 patentiert worden.

3. Die Sandwäsche unter Verwendung von Krücken mit Handbetrieb. Meist in der Nähe eines der Filter befindet sich (s. Fig. 683) eine ca. 0,5 Meter tiefe, mit Hartholz oder auch mit Mauerwerk ausgekleidete Grube von etwa 4 Meter Breite und etwas größerer Länge, je nach Größe des Filterwerks. Die Breite richtet sich nach der handlichen Länge der Krückenstiele, welche 2 bis 3 Meter beträgt. Zu beiden Seiten der Sandwäsche, und zwar je an der Längsseite, stehen die Arbeiter Mann an Mann und reichen mit Krücken bis zur Mitte, der Längsachse, in die Grube hinein, je nach Größe des Filterwerks 10 bis 20 Mann nebeneinander. Demgemäß bestimmt sich in der Annahme eines Wirkungsraumes von 0,8 Meter pro Mann die Länge der Waschgrube. Der schlammhaltige Sand wird in Karren angefahren und in die Mitte der Wäsche geschüttet. Von einer der Seitenwände, am besten von einer Breitseite, wird Waschwasser zugeleitet, das, in den meisten Fällen einem der benachbarten Filter mittels eingegrabener Rohrleitung entnommen, ohne besonderen Druck auf die Wäsche fließt und mittels einfachen Schiebers S abgesperrt werden kann. Die Arbeiter bewegen ihre Holzkrücken K, welche aus Hartholz von ca. $40 \times 20 \times 3$ Zentimeter, besser aber aus Blech an Holzstielen bestehen und zwecks geringeren Widerstandes mit etlichen eigroßen Löchern versehen sind, in dem Sandhaufen hin und her, wobei ein Reiben der Sandmassen in dem Waschwasser stattfindet. Die Sohle der Waschgrube ist etwas geneigt, und zwar sowohl von den beiden Längsseiten gegen die Mitte zu, als auch gegen den Abfluß hin mit etwa 3 Prozent, so daß die Waschbrühe, anfangs dick und trübe, später klarer werdend, über einen herausnehmbaren Überfall dem Abfluß ununterbrochen zuläuft, und vorher eine um ca. 0,5 Meter abermals vertiefte Abteilung durchfließt, um etwa mitgegangenen Sand abzufangen. In diesem Sandfang setzt sich naturgemäß auch der dickste Schlamm ab und deshalb muß mittels vorgesehenem Grundablaß dafür gesorgt werden, daß diese kleine Grube hie und da gereinigt und der Sand wieder auf die Wäsche aufgegeben werden, der Schlamm hingegen gründlich ausgespült in den Ablaufkanal gelangen kann. Es geschieht dies am einfachsten durch Aufsetzen eines Blechrohrs von ca. 0,5 Meter Länge und ca. 200 Millimeter Lichtweite, welches, in ein mit dem Boden des Sandfangs ebenes Loch eingesteckt, mit dessen Rohroberkante den Überlauf während des Waschens bildet; nach dem Waschen wird durch Herausziehen des Rohrs der Grundablaß in der Bodenöffnung freigelegt. Beim Hin- und Herziehen der Krücken in dem Sand gelangt dieser allmählich von der Mitte nach den beiden Längsseiten, wo die Arbeiter stehen. Nach einiger Zeit, ca. 10 Minuten, muß der Sand von 1 bis 2 Arbeitern wieder nach der Mitte zu geschaufelt werden, während die übrige Mannschaft eine Ruhepause macht. Sodann beginnt das Rühren aufs neue und es wiederholt sich der Arbeitsvorgang so oft, als noch trübes Wasser aus dem Sande abläuft. Es ist einleuchtend, daß der Grad der Reinheit von der Sorgfalt und Einsicht der Arbeiter abhängt. Wenn etwa das Waschen im Akkord, d. h. pro Kubikmeter verdungen wird, liegt es im Interesse des Akkordanten, möglichst viel Sand im Tag zu waschen; in solchem Falle muß die Wasserwerksverwaltung strenge Kontrolle üben. Außerdem ist diese Art Sandwäsche die am wenigsten leistungsfähige; selbst bei fleißiger Arbeit leistet 1 Mann pro Arbeitstag nicht

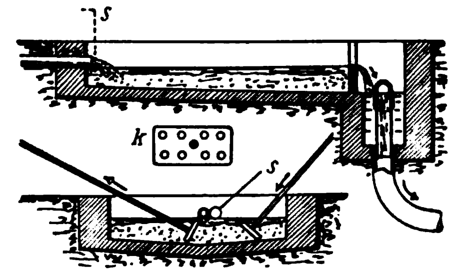


Fig. 683. Sandwäsche mit Handkrücken. M = 1 : 100.

mehr als 1 Kubikmeter gewaschenen Sand. Es liegt dies zum großen Teil an der langsamen, ermüdenden Führung der Krücken durch den Sand an sich und zum anderen Teil daran, daß die Krücke in der Regel nur beim Hingange eigentlich wäscht, beim Hergange aber leer zurückgezogen wird. Auch hat diese Wäsche den Übelstand im Gefolge, daß durch Zerreiben des Sandkorns ein nicht unbeträchtlicher Teil so sehr verkleinert wird, daß er im Abwasser schwimmend in den Kanal, Bach oder Fluß gelangt und hier bei den an manchen Orten jährlich vorgenommenen Reinigungen wagenweise ausgehoben werden muß.

Immerhin wird die Handwäsche bei vielen Filterwerken angewendet, weil sie eben sehr billig anzulegen ist und ohne Druckwasserverbrauch betrieben sowie leicht kontrolliert werden kann. Da, wo ständig angestelltes Personal zum Abschlammen der Filter verwendet wird, kann dieses an solchen Tagen, an denen nicht abgeschlammt wird, zweckmäßig mit Sandwaschen beschäftigt werden.

4. Boßhardsche Sandwäsche mit Handbetrieb. Von U. Boßhard in Zürich wird eine unter Nr. 5802 in der Schweiz patentierte Maschine (Fig. 684) gebaut, die mittels Einwirkung mehrerer in eine Blechmulde eingeführter Wasserstrahlen und unter steter schaukelnder Bewegung der Mulde durch drei Arbeiter in einem Tag 20 Kubikmeter leisten soll. Die Mulde wird von Hand mit Schlamm beschickt durch einen Mann rechts vom Apparat; gleichzeitig wird der Druckwasserschlauch mit einer Kupplung an das durchlöcherte Strahlrohr gekuppelt. Während des Schaukelns rollt Sand und Kies im Waschwasser umher und reibt sich gegenseitig sowie an den Trogwänden und an den eingebauten Stehblechen, wobei der Schlamm sich ablöst und mit dem Wasser durch die an den Stirnwänden des Troges befindlichen Löcher abläuft. Sobald das ablaufende Wasser genügend klar wird, ist der Waschprozeß beendigt und es kann der ganze Inhalt der Mulde durch Aufkippen auf die linkseitige Bretterwand mit einem Male entleert werden. Der Druckwasserschlauch kann hierbei entweder angekuppelt bleiben oder, falls die häufigen Biegungen seine Zerstörung befürchten lassen, beliebig abgenommen werden. Die Befestigung desselben geschieht während der Frischbeschickung der Mulde. Durch die schraubenförmig eingebauten Stehbleche kann auch ein kontinuierlicher Betrieb bei etwa wenig verschlammtem Sand stattfinden, wobei rechts stetig aufgegeben wird und der gewaschene Sand links über den Muldenrand ausfällt.

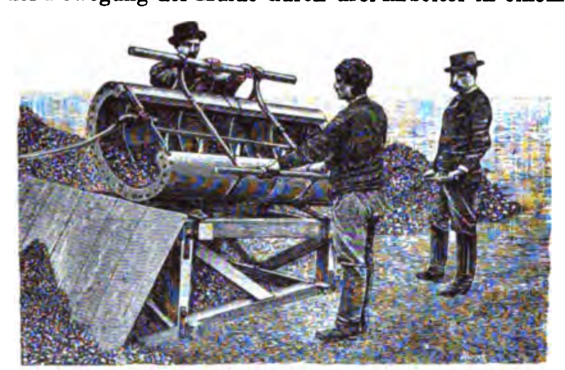


Fig. 684. Sandwäsche mit beweglichem Trog.

5. Mechanische Sandwäschen. Bei größeren Filterwerken, welche gleichzeitig über Waschwasser von nicht unter 2 Atmosphären Druck verfügen, wird die Anlage einer mechanischen Wäsche rentabel und bietet in Hinsicht auf Reinheit des Waschgutes bedeutende Vorteile. Es gibt außerordentlich viele Arten von solchen Einrichtungen; sie stammen teils von Betriebsleitern der Filterwerke, teils von Maschinenfabriken, die sie als Spezialität bauen. Entstanden unter mancherlei Gesichtspunkten und Anforderungen, haben sie so verschiedene Ausführungsformen erhalten, daß es nicht angängig ist, sie hier alle zu beschreiben; es seien nur drei solcher Einrichtungen herausgegriffen, welche sich gut bewährt haben und einer weiteren Verbreitung wert erscheinen.

Die erste ist eine Nachbildung des Waschvorgangs, wie er bei der unter 3 beschriebenen Handwäsche sich darstellt, eine Art Rührwerk. Ein oder mehrere mechanisch bewegte Krücken schieben auf einer Unterlage den aufgeworfenen Schlammsand unter fortwährendem Spülen mit Reinwasser hin und her, genau wie die von Menschenhand gezogenen Krücken es in der Waschgrube bewirken. Daß bei der mechanischen Sandwäsche alle Teile von Eisen sind, daß der Motor eine Maschine ist, sei es Gas-, Dampf- oder Wasser-, ja selbst Elektromotor, daß sehr viele bewegliche Teile an dem Apparat sein müssen mit den unvermeidlichen Lagern, Schmierbüchsen, Riemen, Rädern u. dgl., das alles sind unvermeidliche Zubehörden. Die Einfachheit und Zweckmäßigkeit ist von jedem Erbauer erstrebt, aber nicht immer erreicht worden. Deshalb sind auch nur Filterwerke, welche zugleich maschinellen Wasserwerksbetrieb haben und über mechanische Werkstätten für die sonstigen Reparaturen verfügen, in der Lage, derlei Sandwäschen zu betreiben. Daß die Reparaturen einen ständigen Posten bei solchen Sandwäschen bilden, ist einleuchtend, wenn man sich vergegenwärtigt, daß man es mit einem Material zu tun hat, das beständig scheuert. Jeder Hebel, jede Achse, jedes Gelenk, das mit Sand und Wasser in Berührung kommt, wird früher oder später zerstört, je nachdem das Glied aus widerstands-

fähigem Metall hergestellt, mehr oder weniger intensiv am Waschprozeß beteiligt und durch Vorkehrungen, die den Sand vom Scheuern an dem Maschinenteil abhalten sollen, geschützt ist. Diejenigen Wasserwerke, welche über genügend Druckwasser verfügen, werden am zweckmäßigsten als Betriebsmaschine ihrer mechanischen Sandwäsche einen Wassermotor wählen, dessen Abwasser gleichzeitig zum Waschen des Sandes benutzt wird. So ist z. B. die Sandwaschanlage des Züricher Wasserwerkes (Fig. 685) mit einem Schmidtschen Motor (s. Abt. I, S. 624) ausgestattet.

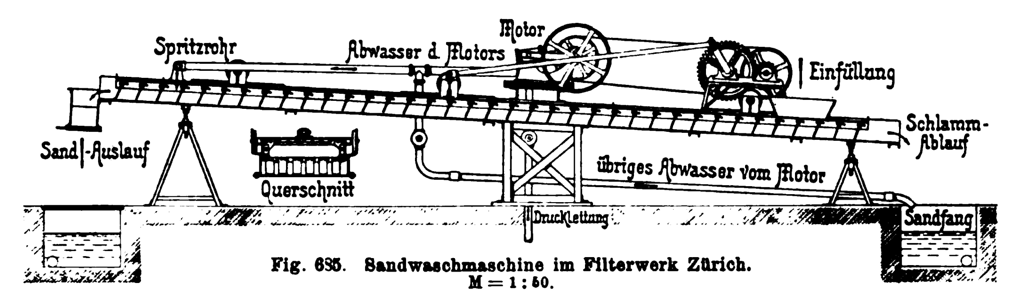


Fig. 685. Sandwaschmaschine im Filterwerk Zürich. M = 1 : 50.

Dieser Motor treibt mittels Riemens eine mehrfach gekröpfte Kurbelwelle an, welche einzelne um Zapfen drehbare Rührschaber (eine Art Rechen) auf einer etwas geneigten, auf Böcken gelagerten eisernen Tischplatte hin und her bewegt; das entgegenströmende Abwasser des Motors schwemmt den Schlamm aus dem gewaschenen Sand über die schiefe Tischebene hinab. Der Wascheffekt dieser Maschine ist ein guter, da der Schlamm wirklich durch Reiben und Rühren von dem Sand getrennt wird. Der Sand wird von den Rührschabern entlang des Tisches auf-

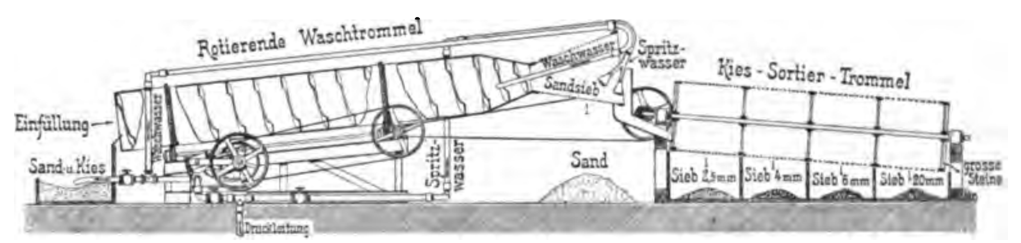


Fig. 686. Kies- und Sandwasch- und Sortiermaschine im Filterwerk Zürich von den v. Rollschen Eisenwerken in Solothurn. M = 1 : 100.

wärts bewegt und gelangt unter immerwährendem Bespritzen mit Wasser am oberen Ende zum Auswurf. Schlamm und Waschwasser laufen am entgegengesetzten Ende des Tisches in den Sandfang. In Zürich wird in einer zweiten Maschine nach Fig. 686 Kies und Sand vorgewaschen und sortiert.

Die zweite Art der mechanischen Sandwäschen ist vertreten durch die sogenannte „Trommelwäsche [2]“. Sie unterscheidet sich von den Rührwerken im wesentlichen durch den Wegfall jeglicher künstlichen Reibung des Sandes, und der ganze Waschprozeß vollzieht sich nur durch ununterbrochenes Rollen und Überstürzen der Sandmassen innerhalb einer eisernen Trommel, in welche das Waschwasser mittels Röhren eingeführt wird. Bei den Wasserwerken der Tegeler- und Müggelseefilter in Berlin ist eine Sandwascheinrichtung im Gebrauch, welche die Sandkörner von Schlamm durch Umherschleudern in einer rotierenden eisernen Trommel, die von reinem Wasser im Gegenstrom durchspült wird, befreit. In Fig. 687 ist links der Einwurf E dargestellt, von welchem aus das schlammhaltige Sandmaterial mittels Elevators auf ein Podest und dann auf die ins Innere der Trommel führende Rinne gebracht wird. Die mit einer starken eisernen Welle in zwei Lagern sich drehende Trommel hat an ihrem inneren Umfange schraubenförmig gewundene Stehbleche, zwischen denen eine große Anzahl eiserner Dorne D und Becherschaufeln B verteilt stehen. Der Schlammsand gelangt in den Schraubengängen allmählich von dem großen Trommeldurchmesser an das jenseitige Ende des kleinen Trommeldurchmessers, wird jedoch auf dieser Wanderung von den Becherschaufeln bei der Drehung der Trommel in die Höhe gehoben bis nahezu auf die obere Scheitelhöhe der Trommel, stürzt sodann infolge seiner eigenen Schwere im Innern der Trommel auf die spitzigen Dorne, wird hierdurch zerteilt und geht endlich unter immerwährender Spülung mit Wasser, welches von der Wasserleitung W entnommen und bei V reguliert wird, an dem unteren Ende des kleinen Trommeldurchmessers in ein Schöpfrad S über, welches mit seinen Schöpfblechen B_1 den gewaschenen Sand über die Welle in die Rinne R hebt. Hier gleitet der reine Sand in den Auswurf A, der, mit dachförmigen Winkeleisen ausgerüstet und

von reinem Wasser bespült, den Sand zu beiden Seiten der Waschtrommel ablagert. Das beim Waschprozeß sich bildende Schlammwasser fließt, der Schräge der Trommel folgend, von seiner Eintrittstelle am kleinen Trommelende nach dem großen Trommelende zu, also entgegen dem Wég, den der Sand macht, und gelangt von dort über eine Bordwand, deren lichter Durchmesser etwas größer ist als derjenige des kleinen Trommelendes, unter die Waschmaschine zur Fortleitung in Abwasserkanäle. Diese Trommelsandwäsche ist eine einfache Einrichtung und infolge der Verlegung der beiden Lager außerhalb der Trommel von Reparaturen der beweglichen Teile

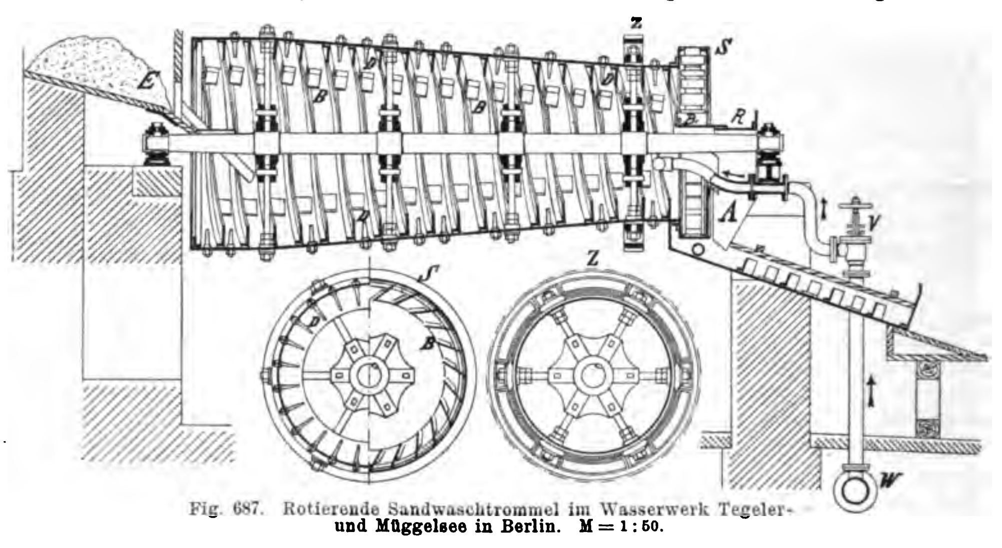


Fig. 687. Rotierende Sandwaschtrommel im Wasserwerk Tegeler- und Müggelsee in Berlin. M = 1 : 50.

befreit. Allerdings ist mangels der Reibung, welche der Schlammsand in der Trommel ja nicht erfährt, indem er nur immer übereinanderstürzt, der eigentliche Wascheffekt wohl nicht so kräftig, wie in anderen Sandwaschmaschinen, in welchen, sei es durch hin und her gehende oder sich drehende Schaufeln ein Zerreiben des Schlammes zwischen Schaufel und Trommel stattfindet. (Vgl. auch Clarksons Patentsandwaschtrommel, Engineering 11. Januar 1907.)

Die Firma Breuer & Cie. in Höchst am Main baut Sandwaschtrommeln mit Antrieb durch Peltonmotor, während die Anlage in den Berliner Wasserwerken mittels Lokomobile getrieben wird. Der Antrieb mit Peltonmotor hat entschiedene Vorteile. Er bedarf keines eigenen Maschinenwärters, da der Peltonmotor (eingekapseltes Turbinenrad) ein höchst einfacher Wassermotor ist und dessen etwa notwendige Regulierung während des Betriebes von einem bei der Sandwäsche beschäftigten Arbeiter durch einfaches Auf- oder Zudrehen des Absperrventils bewirkt werden kann. Ferner, und das ist der Hauptvorteil, kann das zum Betriebe des Motors verwendete Druckwasser, welches in der Regel mit einem Druck von 3 bis 6 Atmosphären zuströmt, beim Verlassen des Motors mittels einer Rinne der eigentlichen Sandwaschtrommel zugeführt werden und hier den Waschprozeß vollziehen. Es ist also entweder Betriebs- oder Waschwasser als kostenlos zu betrachten. Das Waschwasser ist bei Dampf- oder anderen Betrieben stets mit genügendem Druck (nicht unter 2 Atmosphären) der Waschtrommel besonders zuzuführen. Zum Betrieb der Trommelwäsche genügen 4 bis 6 Pferdekräfte; die Leistung beträgt 3 bis 5 Kubikmeter fertig gewaschenen Sand pro Stunde bei einem Waschwasserverbrauch von 15 bis 20 Kubikmeter pro Kubikmeter gewaschenen Sandes. Die Verlässigung darüber, ob der Sand rein gewaschen ist, erfolgt so, daß in einem Glas das Waschgut aufgefangen und nach Absetzen des Sandes beobachtet wird, ob die darüber befindliche Flüssigkeit sich bis zur Durchsichtigkeit klärt. Bei noch trüber Flüssigkeit muß weiteres Waschwasser auf die Maschine geleitet werden.

Damit immer genügendes Waschwasser zur Verfügung steht, ist es gut, wenn (außer dem Abwasser von Wassermotoren) eine Zuführung von Druckwasser entlang der Maschine geleitet und von dieser Zuleitung an mehreren Stellen, besonders an denjenigen, wo etwa Sand sich anhäufen kann, Abzweigungen mit Hähnen oder Ventilen angebracht werden. Je nach dem Erfolg des Waschens wird dann das eine oder das andere Ventil geöffnet und damit der sich anhäufende, also in Ruhe verharrende Sand durch den Druckwasserstrahl zerteilt und gewaschen. Da bei den Trommelwäschen, wie erwähnt, der Wascheffekt nicht durch mechanisches Reiben erfolgt, ist durch reichliches und vielseitiges Bespritzen des Sandes die Wirkung der Trommel zweckmäßig zu unterstützen.

Die dritte Art der mechanischen Sandwäschen ist aus den beiden vorbeschriebenen hervor-

gegangen und seit einer Reihe von Jahren im Stuttgarter Neckarwasserwerk im Betrieb. Sie vereinigt das mechanische Rühren und Reiben der Sandmassen mit dem Rollen und Stürzen derselben in einem geneigten halbrunden, oben offenen eisernen Troge (Fig. 688), der nahezu ganz mit Waschwasser gefüllt ist. Getrieben wird diese Wäsche, welche in 10 Arbeitsstunden 30 Kubikmeter reinen Sand liefert, mittels 4pferdigen Peltonmotors *M* von Breuer & Cie., Höchst, bei 4 Sekundenliter Wasserverbrauch aus der Zuleitung *Z* von 8 Atmosphären Betriebswasserdruck, dessen Abwasser direkt in den Waschtrog läuft, und zwar am oberen Ende desselben mittels der Rinne *R*, da wo der gewaschene Sand zum Auswurf gelangt. Es kommt also auch hier reiner Sand mit reinem Wasser zusammen. Der Trog ist um etwa 5 Grad gegen den Horizont geneigt und in einer solchen Höhenlage auf Betonfundamenten zur Aufstellung gebracht, daß unter den Auswurf die leeren Kippwagen (gewöhnlich Rollwagen mit 500 Millimeter Spurweite) gefahren werden können, während das tiefer gelegene Trogende beim Einwurf des Schlammsandes in handlicher Höhe sich befindet, um das Einschaufeln des Sandes vom Boden und sein Emporwerfen in den Trog mit der Handschaufel noch zu ermöglichen. Da die Maschine kontinuierlich arbeitet, so sollen stets zwei Arbeiter beim Einwurf bestellt sein; während der eine Sand aufgibt, kann der andere ausruhen. Geben beide zugleich auf, so ist unerläßlich die Ruhepause auch gemeinschaftlich, und so lange wird die Maschine nicht beschickt, ihre Leistung daher diskontinuierlich und mangelhaft. Diesem Übelstande kann übrigens durch Anordnung eines mechanisch bewegten Becherwerks (Elevators), welches den Sand aus einer Grube herauf- und in den Trog befördert, begegnet werden. In die Grube werden dann die mit dem Filterschlamm beladenen Kippwagen entleert. Im Innern des Waschtroges, der etwa 0,50 Meter breit und rund 8 Meter lang ist, dreht sich eine aus Vierkanteisen roh gelassene und nur an den beiden äußersten Lagerstellen bearbeitete Welle, welche auf der ganzen Länge vom einen Trogende bis zum anderen mit schief gestellten Blechschaufeln besetzt ist, die, ähnlich den Transportschnecken, die Aufgabe haben, den am unteren Trogende aufgegebenen Sand allmählich an das andere ca. 0,5 Meter höher gelegene Trogende zu schieben. Die Schaufeln sind segmentförmige Blechstücke, tauchen bei jeder Umdrehung der Welle einmal in den Troginhalt hinein und treten dann wieder aus ihm heraus. Hierbei treffen sie auf die Sandknollen, diese zerstückelnd und zerbröckelnd, schieben sie eine Strecke entlang der Trogwand, wobei die Knollen sich an der Wand und an sich selbst noch weiter zerteilen und zerreiben, bis die nächste Schaufel die gleiche Operation vollzieht und den Sand

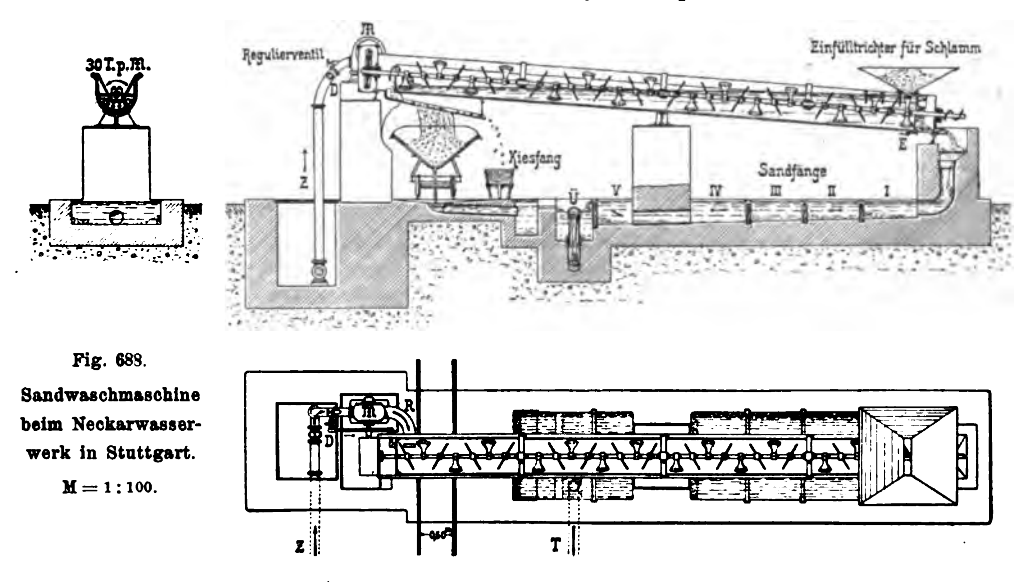


Fig. 688.
Sandwaschmaschine beim Neckarwasserwerk in Stuttgart.
M = 1 : 100.

wieder um eine Strecke weiter schiebt. So gelangt der Sand endlich an das obere Ende des Trogs. Hier aber mündet der ganze Abwasserstrom des Peltonmotors in den Trog, reißt den eben angelangten Sand zu einem großen Teil wieder abwärts; der andere Teil wird von der letzten obersten Schaufel am Trogende ausgeworfen und fällt, durch hinzutretendes Wasser flüssig gemacht, auf ein Schüttelsieb zum Ausräten von Kiesstücken, dann in den darunter stehenden Kippwagen. Dieses eben beschriebene Spiel, Aufwärtsschieben des Sandes und Abwärtsflößen durch den Wasserstrom, vollzieht sich eigentlich an jeder der einzelnen Schaufeln, von welchen gegen 30 Stück auf der Welle befestigt sind. Der Waschvorgang ist aber bei den unteren Schaufeln nicht unmittelbar zu beobachten, da der Trog wegen seiner geneigten Lage nur oben ziemlich leer, in der Mitte da-

gegen bereits zur Hälfte und am unteren Ende nahezu ganz mit Wasser gefüllt ist. Am oberen Trogende jedoch, wo der Sand rein gewaschen erscheint und nur noch vor seinem Auswurf mit dem reinen Abwasser des Motors übergossen wird, taucht die letzte Schaufel in den fast leeren Trog, und hier kann der Waschprozeß bequem kontrolliert werden. Genügt z. B. das Motorabwasser nicht, um (bei sehr verschlammtem Sand) ein reines Waschgut zu erzielen, so wird Druckwasser bei *D* kurz vor dem Auswurf auf den Sand gespritzt.

In dem Maße, als die Reinheit des Waschgutes auf dem Wege vom Einwurf zum Auswurf zunimmt, nimmt auch die Anreicherung des Waschwassers an Schlamm in der entgegengesetzten Richtung (Gegenstrom) zu. Wo der frische, mit Schlamm behaftete Sand aufgeschüttet wird, fließt das schmutzige Waschwasser dicktrübe mit Schlamm gesättigt ab. Der beim Passieren der Maschine durch das Reiben an Eisenteilen unvermeidlich entstandene feine Schlemmsand gelangt hierbei ebenfalls mit zum Abfluß; es ist jedoch unter der 8 Meter langen Maschine genügend Platz für fünf breite Sandfänge, welche das Abwasser der Reihe nach langsam durchfließen muß, bevor es in die Schmutzwasserdohle gelangt. Aus den fünf Sandfängen wird von Zeit zu Zeit der mitgerissene Sand wieder auf die Maschine aufgeschüttet, so daß der eigentliche Verlust an Sand auf einen unwesentlichen Bruchteil herabsinkt. In diesen Sand- und Schlammfängen, welche schleusenartig hintereinander angelegt sind, sammelt sich alles, was im Laufe einer Abschlammungsperiode vom Filter zurückgehalten wurde.

Für die der Abnutzung besonders ausgesetzten Teile der Stuttgarter Sandwaschmaschine (s. Fig. 688) werden Reservestücke auf Lager gehalten, und zwar: einige Rührschaufeln, von 4 Millimeter-Blechabfallstücken hergestellt und mit Löchern von 20 Millimeter Durchmesser versehen, die das Strömen des Sandes erleichtern; dann eine Stahlblecheinlage in den Trog (Fig. 688 Querschnitt), welche nur mit einigen Nieten befestigt ist und lediglich den Zweck hat, das Troggestell vor dem Angreifen durch den Sand zu schützen. Von den Rührschaufeln, welche auf der vierkantigen Welle nur mittels Rohrschellen festgeklemmt werden, sind jährlich 1 bis 3 Stück schadhaft, die Stahlblecheinlage in den Trog hält 7 bis 8 Jahre aus. Die Lager, in denen sich die Welle dreht, wären dem Verschleiß ungemein unterworfen, wenn sie nicht von Zeit zu Zeit (etwa viermal im Jahr) durch umwickelte Hanfzöpfe vor Eindringen des Sandes geschützt würden; mit diesem einfachen Hilfsmittel jedoch bietet die Instandhaltung der Lager keine Schwierigkeit. Ebenso sind die Stopfbüchsen am oberen und am unteren Ende der Welle mit Hanfzöpfen umwickelt. Hervorgehoben zu werden verdient, daß nach 8jährigem Betrieb der Peltonmotor keine Veranlassung zu irgendwelcher Reparatur gab. Die Maschine wurde durch die Fabrik von Hildt & Mezger in Stuttgart-Berg angefertigt, und kostete ohne Fundamente und Rohrleitungen ca. 2000 Mark.

Die Bedienung der Maschine beschränkt sich auf das Regulieren der Tourenzahl des Peltonmotors (1200 per Minute), was durch einfaches Verstellen des Regulierventils geschieht und von demselben Mann besorgt wird, der die Sandwagen unter die Maschine schiebt und die beweglichen Teile der Maschine schmiert. Das Schneckenrad am linken Ende der Schaufelwelle läuft mit ca. 30 Touren in der Minute in einem zum Teil mit Öl gefüllten Blechkasten, bedarf daher keiner besonderen Schmierung. Hingegen sind sämtliche Lagerstellen mit Staufferbüchsen versehen, welche in regelmäßigen Zwischenräumen (etwa jede Stunde) um einen Gewindegang von Hand nachgezogen werden. Die Schmierung mittels konsistentem Fett in den Staufferbüchsen ist für mechanische Sandwäschen empfehlenswert, da sie reinlich ist und nicht die Gefahr bringt, daß, wie bei der Ölschmierung, durch unvorsichtiges Hantieren mit den Schmiergefäßen Öl in Menge auf das Sandmaterial gelangt, von dem es sich nicht leicht wieder trennen läßt. Dem Wärter liegt auch die Bedienung des Grundablasses *U* (Fig. 688 im Aufriß) ob, der für gewöhnlich als Übereich für das abzuführende Trübwasser in die Ablaufleitung *T* dient und durch Aufziehen des Rohrstückes aus der Bodenöffnung des Sandfangs die völlige Entleerung ermöglicht. Im Winter wird abends der Trog mittels der Klappe *E* von Wasser entleert.

T r a n s p o r t a n l a g e n. Sobald maschineller Betrieb einer Sandwäsche eingerichtet ist, wird die Zu- und Abfuhr des Waschgutes mit Schubkarren unzulänglich; es treten Stockungen ein, welche den Nutzen der Maschine wesentlich beeinträchtigen. Es müssen deshalb eiserne Rollwagen, zum Kippen eingerichtet, den Transportdienst übernehmen und diese auf eisernen Geleisen, festen und beweglichen, laufen, so daß bei der üblichen Spurweite von 500 Millimeter ein Mann bequem ca. 0,3 Kubikmeter Schlamm oder Sand auf einmal bewegen kann. Die Schlammwagen sind die gewöhnlichen Erdtransportwagen mit auf beiden Seiten eingerichteter Kippung und Sicherungslasche gegen unbeabsichtigtes Kippen, sowie mit schmierbaren Lagern, die gegen Eindringen von Sand tunlichst geschützt sind. Das Schmieren ist mindestens alle 8 Tage pünktlich vorzunehmen. Auch hier ist konsistentes Fett dem Öl vorzuziehen, da bei letzterem die Lager ständig tropfen und den ganzen Sandlagerplatz verschmieren.

Die Sandwagen in Stuttgart haben die äußere Form der Schlammwagen, also gewöhnlicher

Kippwagen, sind aber, da sie ausschließlich nur zum Transport des frisch gewaschenen Sandes benutzt werden dürfen, mit einer durchlöcherten Stahlblechmulde versehen, welche in den Kipptrog eingelegt wird und von diesem etwa 2 Zentimeter innen absteht (s. Fig. 688 Aufriß). Der äußere Trog erhält an der tiefsten Stelle ein Loch von etwa 4 Zentimeter Lichtweite zum Ablassen des mit dem Sand aus der Wäsche unvermeidlich mitkommenden Wassers, welches durch den durchlöcherten Mantel in den äußeren Trog gelangt. Die Lochweite in der Stahlmulde beträgt ca. 2 Millimeter, damit größere Sandkörner nicht mit durch die Löcher hindurchgerissen werden; die Teilung, d. h. der Abstand von einem Loch zum anderen in jeder Richtung auf der ganzen Innenfläche des Mantels ist 12 Millimeter. Während des Füllens eines an der Wäsche stehenden Sandwagens läuft das Wasser in starkem reinem Strahl aus dem Boden des Troges ab; nach beendigter Füllung, auf dem Wege von der Wäsche zum Sandlagerplatz, läuft noch weiteres Wasser ab, da die Sandfüllung nicht sofort alles entläßt. Will dieses Nachlaufen, wodurch die Fahrstrecken immer durchnäßt sind, vermieden werden, so muß der gefüllte Sandwagen einige Minuten nach beendigter Füllung in der Nähe der Maschine stehen bleiben, von wo ein Ablaufen in die Dohle möglich ist.

Die Geleiseanlage für den Sandtransport von der Wäsche nach dem Sandlagerplatz besteht aus einem festliegenden Geleise, in der Nähe der Wäsche mit etlichen Weichen, Drehscheiben oder Kreuzungen. Weiter entfernt von der Wäsche in Bodenhöhe der Sandlager kann ein Geleise jedoch nie liegen bleiben, sondern es muß entsprechend der Zunahme der Sandhaufen, an welche so dicht als noch ohne Gefahr des Zerdrückens von gewaschenem aufgestapeltem Sand möglich, herangefahren werden muß, stetig umgelegt werden. Hierzu eignet sich das von der Firma Fr. Neitsch in Halle a. d. S. angefertigte bewegliche Geleise. Es besteht aus leichten Geleiserahmen von ca. 5 Meter Länge mit den nötigen Querschwellen aus Zoreseisen und einer sehr bequem aus- und ineinander zu schiebenden Stoßverbindung, so daß ein Mann in der Mitte des Geleiserahmens stehend dieses tragen und es an ein anderes, bereits auf dem Boden liegendes Stück Geleise ohne Beihilfe ankuppeln kann. Liegt dann der ganze Strang und soll wieder verschoben werden, so können ein oder zwei Mann das zusammenhängende Geleise mittels kleiner Hebeisen bequem weiter rücken, besonders wenn das Areal, auf welchem die Sandhaufen liegen, gepflastert ist, was sich schon deshalb empfiehlt, weil beim Verbringen des deponierten Sandes in ein frisch zu beschickendes Filter der letzte auf dem Boden verbleibende Sand bei nicht gepflastertem Areal von dem mitaufgerührten Boden verunreinigt wird und zurückgelassen werden muß, also einen ständigen Verlustposten bildet. Von einer Pflasterung hingegen kann der letzte Rest Sand nutzbringend weggeschafft werden. Entlang der Filter selbst sind die Geleise wieder festliegend, da ja in der Regel der Verkehr mit den Sand- oder mit den Schlammwagen stets bis an die Filter, ja bis in die Filter hinein sich erstreckt. Beim Beschicken der Filter mit frischem Sand fahren nämlich die beladenen Sandwagen zu mehreren hintereinander an die am bequemsten zugängliche Filterseite, kippen je in einen auf dem Filtergrund auf beweglichem Geleise stehenden leeren Wagen hinein, was bei der oft mehrere Meter betragenden Tiefenlage des Filtergrundes gegenüber dem umgebenden Terrain leicht zu erreichen ist und die auf diese Weise schnell gefüllten Wagen verteilen dann den Sand auf der ganzen Filterfläche, indem sie bald links, bald rechts ausgekippt die nötige Sandschüttung im Filter herstellen. Wächst diese allmählich herauf, so werden die Geleise beiseite gelegt, die Sandhaufen auseinander gezogen, eingeebnet und die Geleise um ein Stück höher auf der Sandfläche wieder verlegt. Die vor den Filtern liegenden Geleise sind ortfest gemacht, und zwar mit Schienennägeln entweder auf Holzschwellen, die im Boden eingelassen sind, befestigt, oder was besser ist, mit eisernen Haken zwischen die Pflastersteine angeklammert. Holzwerk ist bei den Hantierungen, die hier beschrieben wurden, im übrigen möglichst zu vermeiden; der rauhe Betrieb mit Kippwagen, das stetige Scheuern des scharfkantigen Sandes etc. lösen von allem Holzwerk Splitter ab und diese gelangen unbeabsichtigt mit in das Filter, um schließlich zu faulen und dem Filtrat einen widerlichen Geruch beizubringen.

Bei offenen Filteranlagen, welche in der Regel mit breiten Umfassungsmauern umgeben sind, können die Geleise auf diese verlegt werden. Da aber die Breite der Mauern selten so groß ist, daß der Wagenführer nebenher gehen kann, so empfiehlt es sich, um den Mann, der hinter dem Wagen einhergehen muß und nicht unmittelbar auf den Boden sehen kann, vor dem Stolpern zu bewahren, diese Geleise mit geradliniger, innen glatter Flucht, ohne jede Erhöhung zwischen den Schienen, anzulegen. Es läßt sich eine glatte Schienenflucht auf den steinernen Abdeckungen sehr leicht mit umgekehrten U-Eisen nach Fig. 689, die Stegbreite nach oben, von ca. 3 × 3 Zentimeter Höhe und Breite, in der Weise herstellen, daß etwa alle Meter ein Steindollen eingelassen wird, der zwischen die nach unten gekehrten Flanschen der

Schienenbefestigung

500 mm

Fig. 689. Sandwagengeleise auf Filtermauern.

U-Schiene paßt und mit seitlich eingesteckten, an der inneren Geleiseseite versenkten Schrauben die Schiene festhält; auch an den Schienenstößen ist mit einem etwas breiteren, in beide Schienen hineinragenden Dollen dieselbe glatte Verbindung zu erreichen. Die eisernen Schienen etwa in die Abdeckquadern einzulassen, wo sie eine Rille bilden würden, empfiehlt sich nicht, da das Reinhalten der Rille von Sand und Schmutz kaum gelingt. Einen nicht unwichtigen Teil der Geleiseanlage bilden die Drehscheiben, welche auf Eckplätzen oder an Geleisekreuzungen angelegt werden müssen. Diese Drehscheiben sollen leicht beweglich sein, denn es muß damit gerechnet werden, daß nur ein einziger Arbeiter, zumal oft nur ein Junge, den beladenen Kippwagen auf die Drehscheibe rollt und mittels ihr den Wagen umkehren oder wenden soll. Sie dürfen auch dem alles zerstörenden Sand nicht viele Angriffspunkte bieten, sonst sind Reparaturen eine ständige Plage. Bewährt haben sich Drehscheiben nach Fig. 690 u. 691, welche aus einer kreisrunden starken Blechscheibe von ca. 0,80 Meter Durchmesser mit in der Mitte nach unten eingenietetem Zentrierbolzen bestehen, welch letzterer in einer im Stein eingelassenen Spurpfanne sich leicht drehen läßt; auf dem Rücken trägt die Blechscheibe das Geleise in der gleichen Ausführung, wie die anschließenden Schienen, fest aufgenietet. Der Spurzapfen in der Mitte soll jedoch nicht die Verkehrslast aufnehmen, sondern nur die Drehachse fest einhalten; die Last wird von einer großen Anzahl (bis 40) gußeiserner Kugeln von ca. 3 Zentimeter Durchmesser aufgenommen, welche in einem in dem Steinfundament eingelassenen Ring von U-Eisen mit ca. 0,60 Meter mittlerem Durchmesser (in Fig. 691 punktiert gezeichnet) rollen und von einem gleichartigen an der unteren Seite der Blechscheibe angenieteten U-Eisenring mit nach unten gekehrten Flanschen bedeckt werden. Infolge der so auftretenden rollenden Reibung, gehen diese Drehscheiben noch ziemlich leicht, selbst wenn Sand zwischen die Kugeln und ihre Ringbahnen geraten ist; übrigens kann nach Abheben der Blechscheibe der untere Spurring samt den Kugeln bequem gereinigt werden. Einer Schmierung bedürfen die Scheiben nicht. Um beim Betreten der leicht beweglichen Drehscheiben Unfälle zu verhüten, müssen Sicherungen *S S* angebracht sein, deren Falle nur beim Befahren auszuheben ist, die aber im übrigen in dem eingegossenen Kloben ruht und so die Drehscheibe gegen unbeabsichtigtes Drehen sichert.

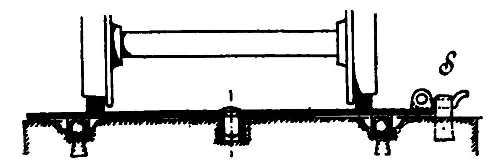


Fig. 690. Drehscheibe für Sandwagen (Aufriß).

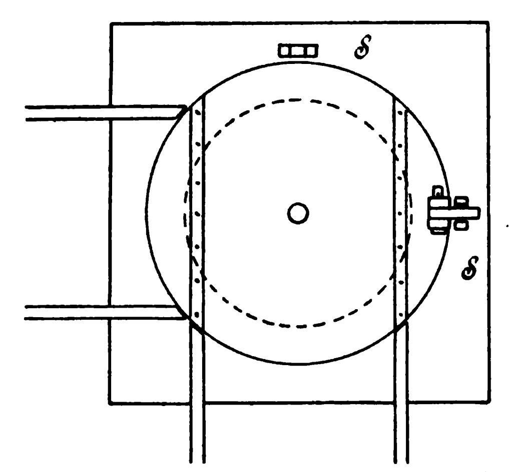


Fig. 691. Drehscheibe für Sandwagen (Grundriß).

Bei den Beschickungen der Filter mit frischem Sand werden oft die festliegenden Geleise hinderlich, wenn sie keine Weichen haben, da die vollen und leeren Sandwagen einander ausweichen müssen. Feste Weichen anzulegen ist nicht angängig, weil der für die Weiche zweckmäßigste Ort von Fall zu Fall wechselt. Es empfehlen sich deshalb die sogenannten Kletterweichen (von Neitsch), welche an beliebigen Stellen auf das feste Geleise gesetzt werden können. Schienenkreuzungen werden in der Regel bleibend angelegt und bestehen wie die Drehscheiben aus einer runden Blechscheibe (Fig. 692), welche aber ortfest, am besten auf Stein- oder Betonfundament, mit Steindollen befestigt werden, und die Geleise über Kreuz aufgenietet tragen. Um die Achsen der Kippwagen auf diesen Schienenkreuzungen vor harten Stößen zu bewahren, empfiehlt es sich, auf die Kreuzscheiben erhöhte Flacheisenschienen neben den eigentlichen Geleiseschienen innerhalb der Spur aufzunieten, auf welchen die das durchschnittene gekreuzte Geleise verlassenden Spurkränze der Räder aufrollen, so daß eigentlich nicht der Laufkranz,

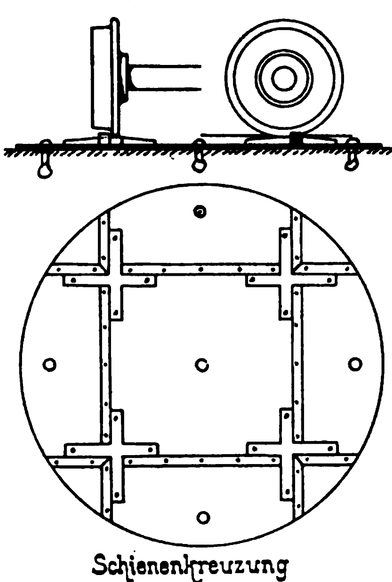


Fig. 692. Geleisedetail für Sandbahnen.

sondern der Spurkranz (die Randerhöhung innerhalb des Laufkranzes) über die Kreuzung hinüberrollt, wie Fig. 692 im Aufriß zeigt.

Literatur
über Sandwäschen.

[1] R. Schröder, Die Betriebssandwäschen der Hamburger Filteranlagen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1895, S. 834. — [2] Götze, Filtersandwäsche mit vom Wasser bewegter Trommel. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 526. — [3] Götze, Filtration in Bremen (Sandwäsche mit Elevator). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 965.

h) Ventilationseinrichtungen und Seiher.

Wir haben bereits in der ersten Abteilung S. 379 auf die Notwendigkeit der regelmäßigen Erneuerung der Luft in dem Fassungsraume der Brunnenstuben und (S. 747) bei Hochreservoiren hingewiesen; ebenso S. 732 auf die Umstände, welche Luftzuführungen und -abführungen bei Kanälen erforderlich machen. In allen derartigen Fällen ist darauf Bedacht zu nehmen, daß zur Erzielung einer wirksamen Lufterneuerung den in das Freie ausmündenden Luftabführungen gegenüber für den Eintritt von frischer Luft gesorgt werden muß, besonders dort, wo der Zweck der Anlage eine lebhafte Zirkulation der Luft erfordert (vgl. Abt. I, S. 732). Bei den meisten Wasserversorgungsanlagen handelt es sich indessen in der Regel nur darum, die Verbindung mit der freien Atmosphäre so herzustellen, daß Luft durch dieselbe Öffnung eintreten und austreten kann; in diesem Falle wechselt die Richtung des Luftstromes, den Vorgängen im Inneren dieser Anlagen folgend. So bewirken z. B. in den Hochreservoiren die Lageänderungen des Spiegels das Eintreten und Austreten von Luft durch die teilweise schon in Abt. I, S. 401, Fig. 164 angegebenen Ventilationsrosetten, die S. 397, Fig. 161 gezeichneten Luftkamine und durch die mit Luftöffnungen versehenen Schachtdeckel. Steigt der Wasserspiegel, so wird die über demselben befindliche Luft mechanisch zum Austritt genötigt; fällt derselbe, so dringt äußere Luft in den luftverdünnten Raum nach. Wären keine derartigen Einrichtungen vorhanden, so würde in den unterirdischen Räumen Luftverdünnung und Luftverdichtung und damit ein nachteiliger Betriebszustand eintreten. Sollen die Einrichtungen in dem ganzen Luftraume zur Wirkung gelangen, so ist erste Bedingung, daß sie von den höchsten Punkten der Anlagen (in den Gewölbscheiteln etc.) abgehen. Ein wenn auch nicht sehr bedeutender, aber in den meisten Fällen genügend wirksamer Luftwechsel erfolgt bei den eben besprochenen und im folgenden unter Fig. 693 u. 694 dargestellten Einrichtungen infolge der Temperatur-, bezw. Pressungs- und Gewichtsunterschiede der äußeren und inneren Luft. Auch durch Türen, durch Überlauf- und Entleerungsleitungen etc. kann sich der Luftwechsel vollziehen. Eine Hauptsache ist dabei, dafür zu sorgen, daß das Eintreten von Flüssigkeiten und Festkörpern zu dem in den unterirdischen Behältern oder Kanälen befindlichen Reinwasser vermieden wird, was wir bei den Einzelanlagen schon früher hervorgehoben haben (Abt. I, S. 388). Soll eine lebhaftere Luftzirkulation bewirkt werden, so treten an Stelle der soeben besprochenen Einrichtungen Luftzubringer, deren Tätigkeit künstlich angeregt wird, sogenannte Aerophore, die wir in den Fig. 695 bis 698 vorführen und die durch die Wasserleitung selbst oder durch elektrische Motoren betrieben werden. Diese Aerophore gehören dort, wo sie mit Wasser betrieben sind und zum Zwecke der Beluftung von Wohnräumen etc. benutzt werden, zu den an die Wasserversorgung angeschlossenen Hauseinrichtungen.

Das in Abt. I auf S. 397, Fig. 161 gezeichnete Entlüftungskamin ist an der mit der Atmosphäre kommunizierenden Öffnung (unter dem Kamindeckel) mit einem Stabgitter versehen und sitzt auf dem Gewölbe auf. Die Kommunikation mit der Brunnenstube erfolgt durch eine, über der Sohle des Kamins angebrachte seitliche Öffnung. Fremdkörper oder Flüssigkeiten, welche durch das obenerwähnte Gitter (zufällig oder absichtlich) eintreten, fallen in den zu einem Sacke

ausgebildeten Kaminschacht und werden dadurch vom Reinwasser ferngehalten. Die an vielen Orten ausgeführten derartigen Einrichtungen haben sich bestens bewährt (vgl. Abt. 1, S. 749, Fig. 378 u. S. 750, Fig. 379, aus welcher auch die Drainage der Säcke in den Luftkaminen ersichtlich ist).

Häufiger findet man derartige Einrichtungen in Eisen hergestellt.



Fig. 693. Glattes Ventilationsrohr.

An den höchsten Punkten der Reservoirdecken werden z. B. in Württemberg Ventilationsrohre nach Fig. 693 angebracht, die zunächst in aufgemauerten Kaminen stecken, daher die ganze Einrichtung ebenfalls „Luftkamin" genannt wird. Sie hindert aber den Zutritt von unerwünschten Verunreinigungen des Reinwassers nicht vollständig. Zum Zweck einer intensiven Luftabführung aus Behältern bei Fluß- oder Seewasserversorgungen kann die Errichtung eines Luftkamins von beträchtlicher Höhe, 10 Meter und darüber, nötig werden, wenn das Wasser den Fischgeruch durch die Filtration allein nicht verlieren sollte. Die gebräuchlichen kleineren Ventilationsrohre sind nach Fig. 693 aus einem in das gemauerte Luftkamin einzuführenden Rohr D von der jeweils nötigen Länge, dem Ventilationskopf B mit seitlichem Messinggewebe und dem aufgeschraubten Deckel C zusammengestellt. Das Hüttenwerk Wasseralfingen fertigt diese Rohre in drei Größen nach folgenden Maßen und Gewichten an.

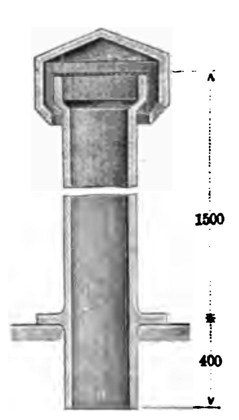


Fig. 694. Ventilationsrohr mit Schutzhaube.

Lichte Weite A des Luftrohres:	Maß B:	Maß C:	Gewicht ohne Rohr D
75 Millimeter	355 Millimeter	245 Millimeter	21 Kilogramm
115 „	420 „	360 „	36 „
150 „	425 „	360 „	40 „

In Fig. 694 ist ein Ventilationsrohr von Breuer & Cie. in Höchst a. M. dargestellt. Für Reservoire, die frei zugänglich sind und bei welchen Beschädigungen der Metallgewebe, wie sie in voriger Figur enthalten sind, befürchtet werden, empfiehlt sich diese Konstruktion. Das Metall-

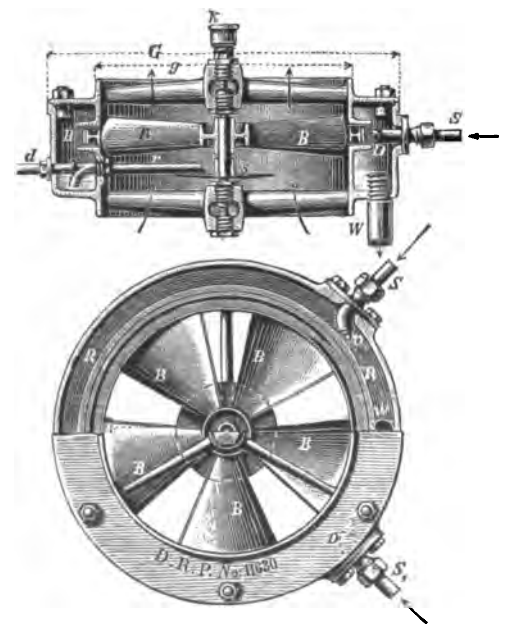
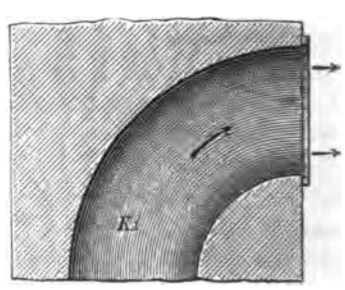


Fig. 695. Kosmos-Ventilator.



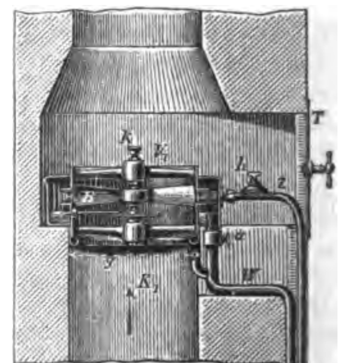


Fig. 696. Ventilatoreinbau in einem Schacht.

gewebe ist hier auf der oberen Lichtöffnung des Luftrohrs befestigt, und durch die übergestülpte aufgeschraubte Kappe wird die Möglichkeit ausgeschlossen, Fremdkörper in das Luftrohr einzubringen.

Ein gemauertes Ventilationskamin, das zugleich zur Unterbringung des Wasserstandfernmelders dient, ist unter i) bei Fig. 739 besprochen.

Zur Erzeugung einer künstlichen Ventilation werden sogenannte Aerophore mit Druckwasserantrieb eingerichtet. In Fig. 695 ist die Konstruktion eines solchen Aerophors gegeben. Bei S strömt Druckwasser ein, trifft mittels der umgebogenen Düse D auf ein Schaufelrad R, das am Umfange des Ventilatorflügelrades B festgemacht ist, und versetzt das Flügelrad in drehende Bewegung. Auf der Achse sitzt unten ein Teller s, welcher durch das Siphonrohr r aus dem am Boden des Gehäuses stehenden Abwasser kleine Mengen Wasser zugeführt erhält, das durch das Vakuum der unten ein- und oben ausströmenden Luft angesaugt wird und zur Befeuchtung dient. Bei W fließt das Abwasser ab. Zum Durchstoßen des etwa verunreinigten Rohres r ist bei d eine Öffnung gelassen. Außer der Schmierbüchse k, die mit konsistentem Fett gefüllt wird, ist kein Teil an dem Ventilator, welcher einer Wartung bedürfte. Bei d können der Luft auch Desinfektionsmittel zugeführt werden und wenn der Wassereintritt nach S_1 verlegt wird, läuft das Ventilatorrad in entgegengesetzter Richtung, der Ventilator kann also sowohl saugend als drückend installiert werden.

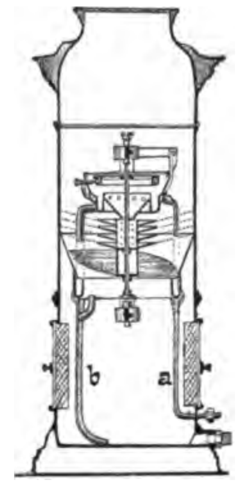


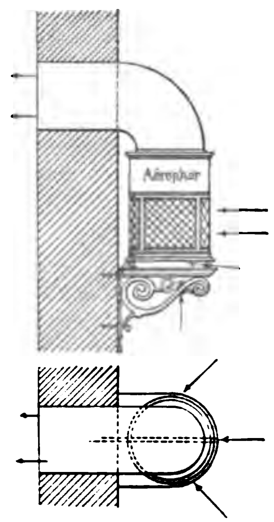
Fig. 697. Aerophor in einem Ofenmantel.

Fig. 696 zeigt die Art des Einbaues eines Ventilators V_1 in einem gemauerten Schacht K_1. Hinter der Blechtüre T befindet sich unmittelbar der Abstellhahn h für die Wasserzuführung z, bei d kann der Wasserabfluß nach W reguliert werden, so daß der Zerstäubungsteller mehr oder weniger Wasser erhält; die Rohre werden in der Regel für Zu- und Ablauf in einer Wandnische verdeckt geführt.

Leistungstabelle.

Nr.	Luft pro Stunde	Wasserverbrauch pro Stunde	Durchmesser g	Durchmesser G	Rohrlichtweite s	Rohrlichtweite W	Preis ca.	Bemerkung
	cbm	cbm	mm	mm	mm	mm	Mk.	
1	100	0,03	160	220	10	15	60	Nach dieser Tabelle werden die „Kosmos"-Ventilatoren für 3 bis 4 Atmosphären Wasserdruck mit geräuschlosem Gang von der Firma Schäffer & Walcker in Berlin ausgeführt.
2	300	0,07	260	360	10	20	130	
3	600	0,15	365	500	13	26	180	
4	1200	0,20	465	600	20	40	240	

Eine andere Konstruktion von Aerophoren mit Druckwasserbetrieb ist die in Fig. 697 gezeichnete. Das Wasser strömt bei a in den mit einem Blechmantel nach Art der Zimmeröfen umgebenen Apparat, hier aus mehreren Düsen auf ein oben befindliches Triebrad wirkend. Das Abwasser fließt durch b ab, nachdem kleine Mengen für die Luftbefeuchtung durch einen unter dem Triebrad stehenden Überlauf auf tellerförmige Zerstäuber gelangen. Auf der Achse sitzt unter den Zerstäubern der eigentliche Ventilator mit schief gestellten Flügeln. Die Luft wird durch die Drahtgitter unten an dem Mantel angesaugt und oben durch ein Drahtgitter in den Raum gepreßt, bei umgekehrter Drehrichtung des Triebrades kann auch eine entgegengesetzte Luftströmung erzeugt werden. Die Einrichtung dient im wesentlichen der Luftzuführung bezw. Ventilation in Wohnräumen. Eine ähnliche ist in Fig. 698 dargestellt. Hier ist der Ventilator auf einer Wandkonsole aufgestellt mit Luftabführungsrohr ins Freie oder in ein Kamin.


Fig. 698. Aerophor auf Wandkonsole.

In der neueren Zeit werden derartige Ventilationen meistens

mit elektrischem Antriebe versehen; wo derselbe nicht zur Verfügung steht oder der Antrieb mit Druckwasser billiger ist (besonders bei Wiederbenutzung des Abwassers) spielen aber die beschriebenen Einrichtungen immerhin noch eine Rolle.

Seiher. Für Brunnenstuben, Reinwasserbassins, Reservoire u. dgl., überhaupt für die Anfänge von Leitungen werden zur Verhütung des Eintritts von Fremdkörpern Seiher meist aus verzinntem Kupferblech angewendet. Im Interesse der Reinhaltung der Leitungen sollen die Schlitze oder Löcher dieser Seiher so klein als möglich sein; anderseits erfordern Rücksichten auf Herabsetzung des Eintrittswiderstands und Verhütung von Verstopfungen das Gegenteil. Die Entscheidung kann also nur im besonderen Fall als Kompromiß entsprechend der dabei überwiegenden Rücksichtnahme erfolgen. Im übrigen sollte die Summe der Flächen aller Eintrittsquerschnitte mindestens dem anderthalbfachen Rohrquerschnitt gleichkommen (vgl. a. Abt. I, S. 104 u. 390).

Einige Formen von Seihern sind in den Fig. 699 bis 702 dargestellt. Zwei der einfachsten Ausführungen sind die in Fig. 703 u. 704 gezeichneten, welche aus einem Zylinder von dem

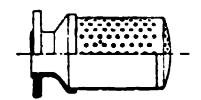




Fig. 699. Zylindrischer Seiher in Muffe verbleit.

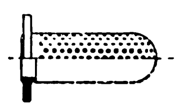


Fig. 700. Seiher mit Flansche.

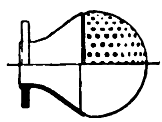


Fig. 701. Halbkugelförmiger Seiher.

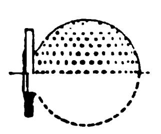


Fig. 702. Kugelförmiger Seiher.

Durchmesser der zugehörigen Flansche oder Muffe bestehen, und deren Boden ein etwas gewölbter eingelöteter Deckel bildet. Im Inneren des zylindrischen Mantels sind an der Flanschseite drei bis vier kurze starke Kupferwinkel angenietet mit eingeschraubten und eingelöteten Kopfschrauben, mit denen der Seiher an der Flansche in den normalen Schraubenlöchern befestigt wird. Die übrigen Schraubenlöcher in der Flansche werden mit Blei, Zement u. dgl. blind verstopft. Bei den Muffen werden die Seiher mittels Körnerschrauben, die in aufgenieteten Kupferknaggen stecken, festgestellt. Die Lochweite soll nicht unter 10 Millimeter, die Teilung von Mitte zu Mitte Loch 20 bis 30 Millimeter betragen, der gesamte lichte Querschnitt der Schlitze oder Löcher muß das $1\frac{1}{2}$ bis 3fache des Rohrquerschnitts bieten, damit eventuell ein Teil der Löcher ohne weitere Störung mit Laub aus Seen, mit zurückgelassenen Gegenständen in Behältern, Kordelresten aus Zuleitungen u. s. f. zugedeckt sein kann. Seiher aus galvanisiertem Schmiedeisen sind nicht empfehlenswert; man sollte sie stets aus verzinntem Kupferblech von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Millimeter Stärke herstellen, da auf Seiher bisweilen getreten wird; die Schrauben und Muttern möglichst aus Bronze, andernfalls aus Eisen und gut verzinnt. Liegen die Seiher in offenen Weihern oder Seen, die starken Laubfall aufnehmen, so ist als Länge ein 3- bis 5faches vom Rohrdurchmesser zu nehmen, um Verstopfungen vorzubeugen. Fig. 705 zeigt eine Anordnung für Entnahme von Wasser aus verschiedenen Tiefen mittels beweglicher Sei-

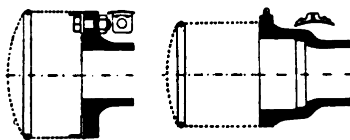


Fig. 703. Seiher für Flanschen.

Fig. 704. Seiher für Muffen.

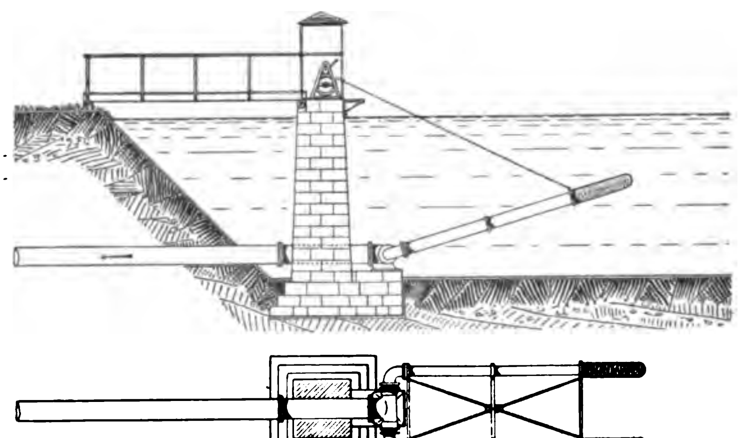


Fig. 705. Anlage eines beweglichen Seihers in Stuttgart (Neuer See). M = 1 : 200.

her, die an einem versteiften drehbaren Rohrgerüst sitzen und mit Kran und Kette auf- oder abgelassen werden, ausgeführt bei der Seewasserversorgung in Stuttgart (Neuer See). Behufs Reinigens der Seiher von Laub u. dgl. werden diese zeitweise über den Wasserspiegel gehoben und vom Schiff aus geputzt.

In Fig. 706 geben wir noch die Anordnung eines Saugkorbes, der am Ende der 450 Millimeter-Saugleitung des Wasserwerks von Konstanz 400 Meter vom Ufer entfernt in eine Tiefe

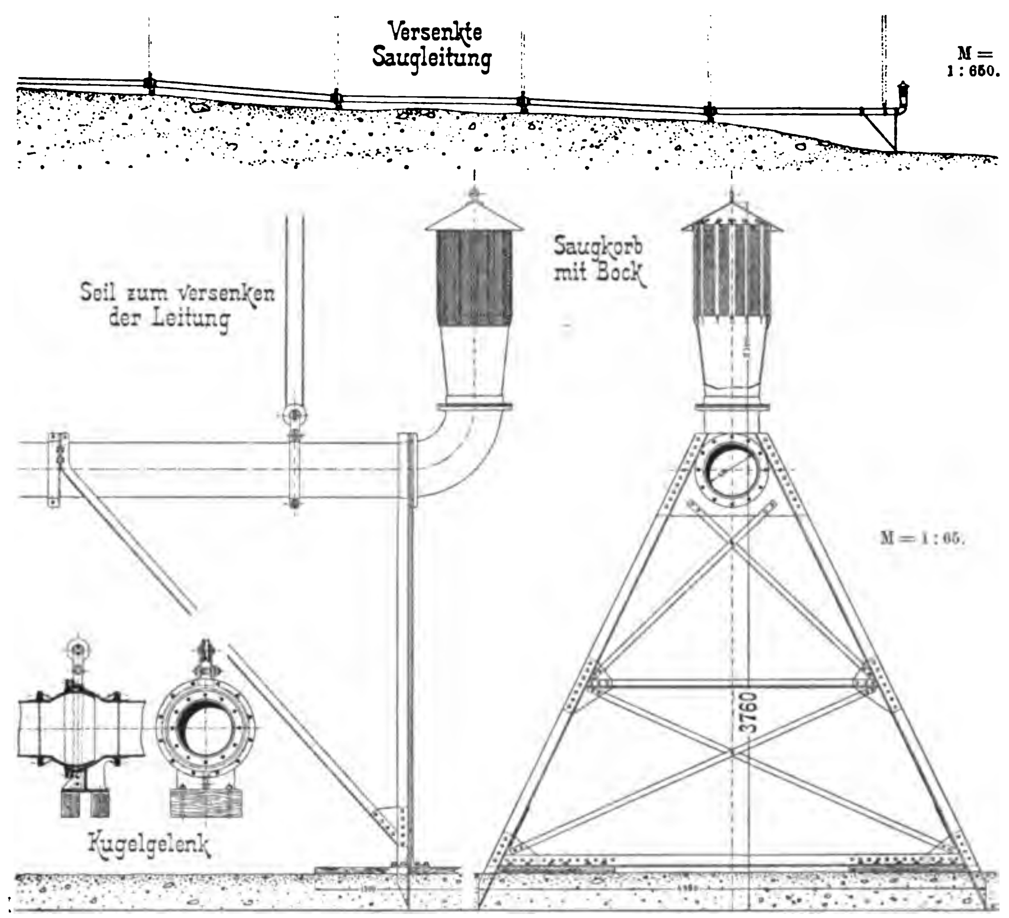


Fig. 706. Saugkorb für die Bodensee-Wasserleitung der Stadt Konstanz.

von 40 bis 50 Meter in den Bodensee versenkt wurde. Aus der Figur geht sowohl die detaillierte Konstruktion des Seihers, des zu seiner Lagesicherung erforderlichen eisernen Gerüstes, sowie die Art der Versenkung an Seilen, die von Kähnen aus geleitet wurden, endlich die bewegliche Rohrverbindung (Kugelgelenk) deutlich hervor. Vgl. hierzu S. 108.

i) Wasserstandszeiger.

Zur Erkennung der relativen oder der Normalnullhöhen von Wasserständen in offenen wie in verdeckten Behältern bedient man sich gewisser Einrichtungen, die entweder von einer senkrechten oder geneigten, im Wasser stehenden Meßlatte gebildet und dann kurz „Pegel“ genannt werden oder die mittels eines auf dem Wasser ruhenden Schwimmers durch einen an der Schwimmerstange befestigten Zeiger direkt oder durch Übertragung mit einer Kette, Leitrolle, Rädergetriebe und Gegengewicht indirekt die wechselnden Wasserstände bei auf- oder abwärtsgehendem Schwimmer kenntlich machen; man nennt sie allgemein „Wasserstandszeiger“. Das sogenannte „Wasserstandsglas“ wird gewöhnlich in Reservoiren angewendet, welche mit einer besonderen

Schieberkammer versehen sind; für jede Abteilung des Wasserbehälters wird ein mit derselben kommunizierendes Rohr angelegt, das in einem aufsteigenden Rohr in der Schieberkammer endigt und auf die Höhe des wechselnden Wasserstandes von einem Glasrohr gebildet wird. In diesem Glasrohr stellt sich der Wasserspiegel auf gleiche Höhe mit dem Wasserspiegel der zugehörigen Kammer ein; an einer neben dem Glasrohr stehenden Skala kann dann die relative Höhe des Wasserstandes abgelesen werden. Soll die Beobachtung des Wasserstandes von einem entlegenen Orte aus möglich sein, wie das bei größeren Wasserversorgungsanlagen in der Regel verlangt wird, so kann bei kleineren Entfernungen und sichtbarem Wasserstandszeiger die Ablesung wohl mittels Fernrohr geschehen; bei großen Entfernungen oder verdecktem Objekt muß aber die Übertragung der Schwimmerbewegungen auf ein dem Beobachter naheliegendes sichtbares Zeigerwerk, z. B. mittels elektrischer Leitung, wie bei dem Telegraphen, erfolgen, womit sich dann auch die telephonische Verbindung des Hochbehälters mit der Beobachtungsstation zum Zweck der Kontrolle des Wasserstandes oder sonstiger Betriebsmitteilungen vereinigen läßt. Es sollen nun im nachstehenden einige Ausführungsarten der vorerwähnten Einrichtungen besprochen werden.

I. Die gewöhnlichen festen Pegel. Die unter dem Namen Pegel bekannten gewöhnlichen Vorrichtungen zum Messen des Wasserstandes in Sammelteichen, Flüssen, Seen etc. durch Ablesen müssen vor allen Dingen einen auf Normalhorizont (N.N.) bezogenen Nullpunkt erhalten, um die Ablesungen brauchbar zu gestalten. Die Aufschreibungen sind entweder täglich zu bestimmten Stunden oder — je nach Zweck — nur zu besonders festgestellten länger auseinanderliegenden Zeiten vorzunehmen; sie sind, je nach der Pünktlichkeit des Personals, mit mehr oder weniger großen Fehlern behaftet.

Fig. 707 stellt die einfachste Art eines senkrechten Pegels dar, wie er an Flußläufen, Seeufern u. s. w. zur Verwendung kommt. Es ist ein in das Erdreich getriebener, unten mit Eisen beschuhter Pfosten von Eichenholz, der mit schwarzer Schrift auf meist weißem Grunde (unter besonderen Umständen, z. B. bei trübem Wasser, auch umgekehrt) die Wasserstände vom Ufer aus erkennen läßt. Die Meereshöhe des Pegelnullpunktes ist in der Regel durch Eichpfähle u. dgl. festgelegt und es muß daher beim Einrammen des Pegelpfostens durch Nivellierung die Höhenlage dieses Nullpunktes beobachtet und kontrolliert werden. Der in Fig. 707 gezeichnete Pegel zeigt z. B. 2,85 Meter Wasserstand; liegt der Nullpunkt auf 216,00 Meter über N. N., so ist die augenblickliche Höhe des Wasserspiegels 216,00 + 2,85 = 218,85 Meter.

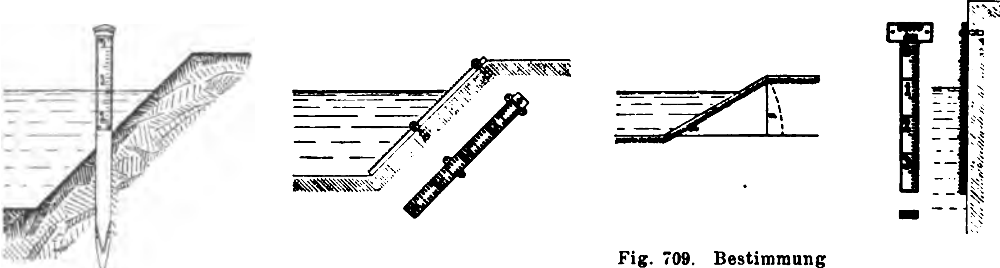


Fig. 707. Pegel mit Pfosten. Fig. 708. Schiefliegender Pegel. Fig. 709. Bestimmung der Skala bei schiefliegendem Pegel. Fig 710. Wandpegel.

Gestattet die Beschaffenheit des Ufers das Einrammen eines Pegelpfostens nicht, was z. B. bei befestigter Uferwand zutrifft, so kann der Pegel der Uferböschung entsprechend schief gelegt werden, wie Fig. 708 zeigt. Wird hierbei auf eine dauernde Einrichtung abgesehen, so wird der Pegel in der Regel statt aus Eichenholz aus Gußeisen angefertigt. Die gußeiserne, manchmal aus mehreren Stücken zusammengesetzte Skala trägt in erhabenem Aufguß die Schrift und die einzelnen Unterabteilungen der Maßzeichen. An der Seite oder in der Mitte des Pegels sind, meist oberhalb des normalen Wasserstandes, an zugänglicher Stelle die Befestigungsschrauben (Steindollen) angebracht, mit denen der Pegel in die Ufermauer in Zement gesetzt wird. Bei der Einteilung der Skala ist genau zu berücksichtigen, daß die einzelnen Abstiche je nach dem Böschungswinkel größer zu nehmen sind als bei einem senkrechten Pegel. Ist der Böschungswinkel α,

Fig. 709, genau bekannt, so läßt sich die Einheit der Skala durch Rechnung ermitteln; bedeutet p die Länge eines Meters am schiefliegenden, m diejenige am senkrechten Pegel, so ist $p = m : sin\ \alpha$. Sicher geht man durch Aufnivellieren der Skala auf eine provisorisch in die Böschung verlegte Latte und nachherige Übertragung auf die definitive Skala.

Eiserne Pegel an senkrechten Ufer- oder Bassinmauern werden nach Fig. 710 angeordnet. Bei offenen Filterbecken z. B. empfiehlt es sich, den Nullpunkt nach oben zu legen und die Absenkungen des Wassers zu beobachten. Es sind dann die einzelnen Zentimeter-Teilstriche sägezahnförmig erhaben aufgegossen, so daß der Wasserspiegel infolge Adhäsion des Wassers an jedem Zentimeterzahn deutlich erkennbar wird. Die gußeisernen Pegel werden mittels Steindollen, die in Zementmörtel eingelassen werden, an die Mauer befestigt; die Grundierung ist meist schwarz; die erhaben gegossenen Zahlen und die Schrift sind mit weißer Ölfarbe, die auf weithin sichtbar ist, und öfter erneuert werden muß, gestrichen. Der Querschnitt ist in der Regel ca. 12 bis 15 Zentimeter breit und 2 bis 3 Zentimeter dick.

II. Schwimmerpegel. An allen Stellen, an welchen der in der Höhenlage zu bestimmende Wasserspiegel nicht ohne weiteres zugänglich ist, werden die Spiegellagen durch sogenannte Schwimmer festgestellt, die sich mit dem Wasserstande auf- und abbewegen. Die bei der Wasserversorgung üblichen derartigen Vorrichtungen, welche die Wasserstände auf einen festen, in seiner Höhenlage genau bestimmten Pegel bezogen anzeigen, sollen im folgenden beschrieben werden.

In Fig. 711 ist eine Wasserstandszeigereinrichtung mit Schwimmer und Standsäule dargestellt, die eine direkte Ablesung der Schwimmerbewegungen bei steigendem oder fallendem Wasserspiegel gestattet. Auf einem gemauerten Sockel über der Wasserkammer eines Reservoirs z. B. ist ein gußeisernes Flanschenrohr eingelassen, das mit dem glatten Ende bis ca. 0,50 Meter vom Bassinboden absteht und hier, an seitlichen Ketten aufgehängt, ein leicht verschiebbares Zinkblechrohr mit auf dem Bassinboden aufstehenden Füßen trägt. Das Flanschenrohr bildet die Führung für den verzinkten Kupferschwimmer, der meist 200 bis 300 Millimeter äußeren Durchmesser und zum Schutze gegen Abnutzung seitlich am Umfang verteilt drei bis vier starke 15 × 30 Millimeter im Querschnitt messende verzinnte Eisenstreifen erhält. Die Lichtweite des Schwimmerrohrs muß ca. 50 Millimeter größer genommen werden, damit der Schwimmer nicht streift. Das untere Blechrohr kann in die Höhe gehoben werden und ermöglicht die Einführung des Schwimmers in das Flanschenrohr von unten; es wird nach Befestigung des Schwimmers an seiner Stange, einem hohlen Messingrohr von ca. 20 Millimeter äußerem Durchmesser, wieder herabgelassen und hat dann etwaige Strömungen des Wassers vom Eintritt in das Schwimmerrohr abzuhalten. Das Schwimmerrohr ist oben mit einer Blindflansche dicht verschlossen, um Unreinigkeiten abzuhalten; die Blindflansche ist jedoch (s. Fig. 712 Grundriß) in der Mitte durchbohrt und mit einer etwa 25 Millimeter weiten Messingbüchse versehen, die der Schwimmerstange mit etwas Spielraum zur Führung dient. Auf der Blindflansche steht dann mit einem viereckigen Fuß die gußeiserne Standsäule, und zwar, wie Fig. 712 erkennen läßt, aus der Mitte nach hinten verschoben, damit die Messingstange möglichst weit nach vorn an den offenen Schlitz der Säule rückt; dieser Schlitz ist nahezu auf die ganze Länge der Säule durchgeführt und wird mit der eigentlichen Skala, die von Messingblech mit in Ölfarbe aufgetragenen Zahlen oder von einem Emailschild gebildet wird, überdeckt. Der an dem Messingrohr verstellbare Zeiger gleitet in dem Schlitz auf und ab, ohne jedoch das Blech der Skala zu berühren, da die Schwimmerbewegungen, behufs genauer Übertragung auf die Skala reibungsfrei sein müssen. Die Standsäule ist oben mit einem gußeisernen Deckel abgeschlossen, um Regenwasser abzuleiten; auch das Messingrohr hat am oberen Ende einen metallenen Stopfen gegen Staub u. dgl. Zu beachten ist bei den Messingröhren dieser Schwimmereinrichtungen der Übelstand, daß sie sich an der inneren Rohrwand stets mit wässerigen Niederschlägen, herrührend von der Verdunstung aus den Behältern, belegen, welche dann Tropfen bilden, endlich das ganze Rohr anfüllen und bei eintretendem Frost dasselbe zerreißen. Es muß daher an den tiefsten Stellen Fig. 713, da, wo das Messingrohr in der Hülse am Schwimmer verstiftet ist, durch einige Löcher $l\ l$ für ständige Ableitung des Schwitzwassers gesorgt sein. Der Schwimmer erhält am unteren Boden eine

Fig. 711. Schwimmerpegel mit Standsäule. M = 1 : 100.

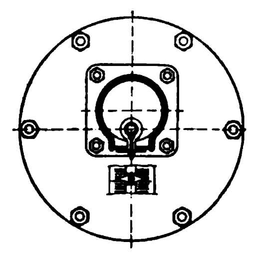


Fig. 712. Grundriß des Standsäulenfußes. M = 1 : 20.

Verstärkungsplatte zum Schutze gegen Durchscheuern bei etwaigem Aufstoßen auf den Bassinboden. Alle im Wasser oder im Wasserdunste befindlichen Teile einer Schwimmereinrichtung müssen von verzinntem Kupfer, verzinntem Eisen oder von Bronze erstellt sein, das Kupferblech nicht unter $1\frac{1}{2}$ Millimeter stark; der fertige Schwimmer mit Stange und Zeiger soll bis zur Hälfte der Schwimmerhöhe eintauchen, da er alsdann gleichviel Energie beim Fallen wie beim Steigen des Wasserspiegels entwickelt und außerdem in dem umgebenden Wasser eine gewisse stetige Führung findet. Soll die Bewegung des Schwimmers in einen nahegelegenen Raum sichtbar übertragen werden, dann kann nach Fig. 714 eine Anordnung getroffen werden, die aus einem Schwimmer S in einem Führungsrohr aus starkem Zinkblech oder verzinktem Eisenblech auf Füßen und mit Staubdeckel besteht. Von dem Schwimmer führt eine Messingkette über Leitrollen $L\,L_1$ in das Innere des Raumes, in welchem die Schwimmerbewegungen sichtbar gemacht werden sollen, zu einem durch ein Räderwerk R betriebenen Zeigerwerk Z, dessen Zeigerachse eventuell auch durch die Wand in einen nebenliegenden Raum geht und dort ebenfalls einen Zeiger trägt. Am inneren Kettenende ist ein Gegengewicht G_g anzubringen, das einerseits dem Schwimmer bis zur Hälfte einzutauchen gestattet, anderseits so schwer ist, daß es das Räderwerk R zu bewegen vermag, wenn der Schwimmer mit dem Wasserspiegel steigt. Sowohl an dem Gegengewicht als auch an der äußeren Kette kann mit einer senkrechten Skala der Wasserstand markiert werden.

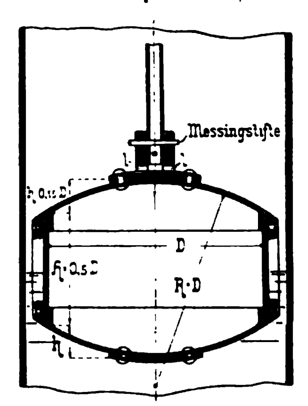


Fig. 713. Schwimmerdetail.

An einem Beispiel soll die Bestimmung der hierbei in Betracht kommenden Gewichte und Kräfte gezeigt werden. Der Schwimmer sei nach Normalien der Fig. 713 mit 300 Millimeter äußerem Durchmesser, 150 Millimeter zylindrischer Höhe, 45 Millimeter Bodenhöhe und 2 Millimeter stark ausgeführt (zwei Millimeter starkes Kupferblech wiegt pro Quadratmeter 17,6 Kilogramm); die seitlichen vier Führungsleisten seien 15×30 Millimeter dick; für die Bewegung des Räderwerks und der Leitrollen mögen 1,25 Kilogramm Gegengewicht genügen.

Der Schwimmermantel hat $\pi \,.\, 0{,}3 \,.\, 0{,}15 = 0{,}141$ Quadratmeter Fläche
zwei Schwimmerböden zusammen $0{,}25 \,.\, \pi \,.\, 0{,}3^2 = 0{,}141$ „ „

zusammen 0,282 Quadratmeter à 17,6 kg : 4,97 kg
vier eiserne Führungsleisten zusammen $0{,}15 \text{ m} \times 4 = 0{,}60$ m, 15/30 dick pro m 3,3 „ : 1,98 „
für Bördel, Nieten, Verzinnen und Kettenhaken ca. 10 Prozent vom Kupfergewicht : 0,55 „

G_s = Schwimmergewicht in der Luft 7,50 kg

Das Schwimmervolumen beträgt, alle Maße in Dezimeter:

für den Zylinder $J_z = F \,.\, H = 0{,}25 \,.\, \pi \,.\, 3^2 \,.\, 1{,}5$ = 10,6 Liter

für 2 Bodenkalotten $J_K = 2\pi h^2 \left(R - \frac{1}{3} h\right) = 2 \,.\, 3{,}14 \,.\, 0{,}45^2 \left(3 - \frac{1}{3} \,.\, 0{,}45\right) =$ 3,6 „

V_s = Schwimmervolumen : 14,2 Liter.

Daher wird der Schwimmer eintauchen: $G_s : V_s = 7{,}50 : 14{,}2 =$ rd. 0,53 seiner Höhe. Es wären also, um ihn nur bis zur Hälfte eintauchen zu lassen, $0{,}53 - 0{,}50 = 0{,}03$ des zylindrischen Volumens $= 0{,}03 \,.\, 10{,}6$ Kilogramm Auftrieb des Zylinders = rd. 0,32 Kilogramm auf der Gegengewichtsseite anzubringen; das Gegengewicht ist somit $1{,}25 + 0{,}32 = 1{,}57$ Kilogramm schwer zu machen.

Zur Beantwortung der Frage bezüglich Empfindlichkeit einer Schwimmereinrichtung soll der Vorgang während der Schwimmerbewegung näher betrachtet werden. In Fig. 715 ist die untere Hälfte des Schwimmers im Wasser gezeichnet; die obere in der Luft befindliche Hälfte mit Kette oder Gestänge kann hier außer Betracht bleiben, weil das ganze Gewicht der Schwimmereinrichtung durch den nach abwärts strebenden Pfeil G der Größe und Richtung nach dargestellt ist. Im Gleichgewichtszustande müssen die nach aufwärts gerichteten Auftriebkräfte $p\,p$ des vom Schwimmer verdrängten Wassers zusammen so groß sein als das durch die Schwerkraft verursachte Gewicht G. Bewegung muß eintreten, sobald eine von den beiden Kräften überwiegt. Die horizontalen Kräfte $p\,p$ heben sich gegenseitig auf. Auf den Boden des Schwimmers von unten wirken die Auftriebkräfte $p\,p$ pro Flächeneinheit, äquivalent einer Wassersäule von der Höhe der Eintauchung h. Würde nun in die offen gedachte Schwimmerhälfte, wie in eine Wagschale, Gewicht eingelegt, so müßte diese Schale um das Maß s sinken, da der Gleichgewichtszustand jetzt einen dem eingelegten Gewicht entsprechenden größeren Auftrieb erfordert. Das Gegenteil wird der Fall sein, wenn in der Schwimmerschale vorhandenes Gewicht entfernt würde oder, was die gleiche Wirkung hat, wenn ein Gegengewicht wie in Fig. 714 den Schwimmer nach oben ziehen würde. Das Gleichgewicht würde dadurch gestört werden, daß die

Summe der bei der Eintauchtiefe h ausgeübten Auftriebkräfte $p\,p$ das verminderte Gewicht G des Schwimmers übertreffen; die Schale würde also um eine Strecke s gehoben werden. Die Mehrbelastung oder Verminderung des Schwimmergewichts hat demnach stets eine Differenz in der Eintauchtiefe zur Folge, oder mit anderen Worten: um in die Schwimmereinrichtung Bewegung zu bringen, muß der Wasserspiegel um einen gewissen Betrag s steigen oder sinken; je kleiner s, desto größer ist die Empfindlichkeit der Einrichtung bei gegebenem Widerstand. Es besteht dann die Gleichgewichtsbedingung: Schwimmerfläche $\times$ Gewicht der Wassersäule s = Widerstand oder, die Maße in Dezimeter, die Gewichte in Kilogramm: $F_s = P$, woraus $s = P : F$.

Für den berechneten Schwimmer würde demnach zur Bewegung des Zeigerwerks mit 1,25 Kilogramm Widerstand die Differenz des Wasserspiegels beim Steigen oder Sinken vor dem Beginn der Bewegung betragen müssen: $s = 1{,}25 : 0{,}25 \,.\, \pi \,.\, 3^2 =$ rd. 0,18 Dezimeter = 1,8 Zentimeter.

Aus der Formel ist ersichtlich, daß Schwimmer mit kleinen Sitzflächen unempfindlicher sind als solche mit großen und daß die Höhe des Schwimmers für die Empfindlichkeit ohne Einfluß ist. Man wird demnach, um auch kleinere Wasserschwankungen noch bemerklich zu machen, bei Zeigerwerken mit bekanntem Widerstand den Durchmesser nicht unter 300 Millimeter nehmen dürfen. Berücksichtigt man noch, daß F mit dem Quadrat des Durchmessers wächst, so würde sich z. B. obige verhältnismäßig große Differenz des Wasserspiegels bei 400 Millimeter Schwimmerdurchmesser schon auf $s = 1{,}25 : \pi \,.\, 2^2 =$ 0,099 Dezimeter = rd. 1 Zentimeter ermäßigen. (Bei großen Wasserreservoiren mit Inhalten von vielen tausend Kubikmetern, die in der Regel nur 3 bis 4 Meter tief sind, und daher eine große Oberfläche besitzen, entspricht einem Zentimeter Wasserspiegeldifferenz eine bedeutende Wassermenge.) Streng genommen besteht ein Unterschied in der Empfindlichkeit des Schwimmers beim Fallen gegen die beim Steigen, da einmal das Gegengewicht hindernd, das andere Mal fördernd wirkt. In der Regel ist aber das Schwimmergewicht so viel größer als das Gegengewicht, daß der Einfluß des letzteren außer Betracht gelassen werden kann.

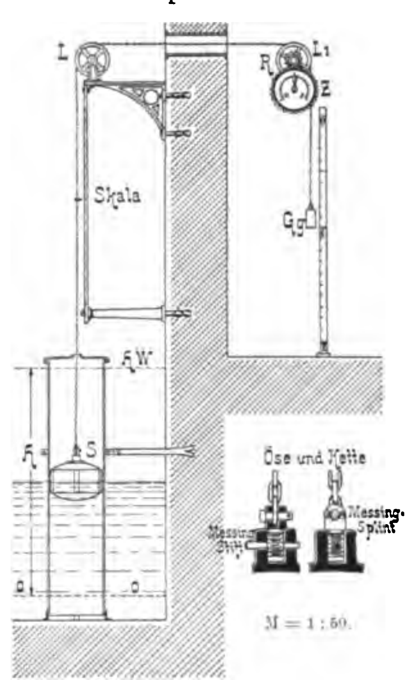


Fig. 714. Schwimmerpegel mit getrennter Skala. M = 1 : 50.

Bei Reservoiren, deren Wasserkammern unterirdisch angelegt sind und über denen Schachthäuser oder sogenannte „Einsteighäuser“ sich befinden (vgl. z. B. Abt. I, S. 778, Fig. 425), läßt sich die Schwimmereinrichtung mit einem mit der Kette auf und ab gehenden Zeiger, der an der Kette befestigt und vor einer senkrechten Skala laufend angeordnet ist, verbinden; die Kette geht dann oberhalb der Skala über eine leicht bewegliche Leitrolle und trägt hinter der Skala nur ein leichtes Gewicht zum Anspannen. Meist sind diese Skalen 3 bis 4 Meter lang und werden von Holz angefertigt; dies hat aber den Nachteil, daß sie sich in den feuchten Räumen verziehen, wodurch der Zeiger (der auch hier in einem Schlitz geführt sein soll) hängen bleiben und den Wasserstand unrichtig angeben kann. Diesem Übelstande ist entweder durch schwerere Zeiger und Gegengewichte oder besser durch eiserne Skalen abzuhelfen.

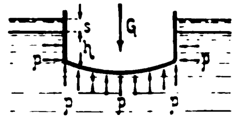
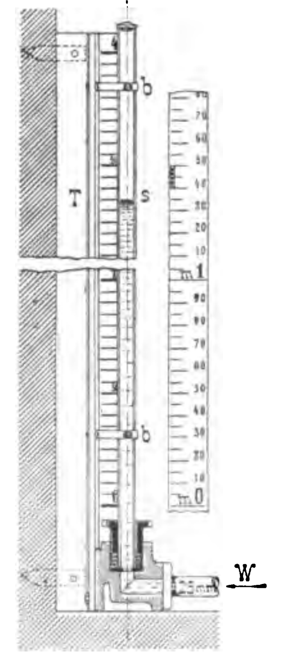


Fig. 715. Ein- und Austauchen des Schwimmers.

Die runden Zifferblätter der Zeigerwerke nach Fig. 714 werden vielfach so eingeteilt, daß die Wasserstände nur von 5 zu 5 Zentimeter markiert sind und einzelne Zentimeter dann geschätzt werden. Soll der Wasserstand etwa außerhalb eines Behälters auf weite Entfernungen sichtbar sein, so kann der Durchmesser des Zifferblattes mehrere Meter groß und der Zeiger dementsprechend lang gemacht werden, selbstverständlich unter Anbringung eines ausgleichenden Gegengewichtes jenseits der Achse wie bei Turmuhren. Das Ablesen kann dann auf beträchtliche Entfernungen mit freiem Auge, genaues Ablesen mit dem Fernrohr geschehen. (In Tübingen stand z. B. in einem Fenster der nunmehr in Reserve liegenden Dampfpumpstation am linkseitigen Neckarufer ein unverrückbar befestigtes Fernrohr, nach dem am rechtseitigen Ufer ca. ¾ Stunden entfernt gelegenen Österberg gerichtet, auf dessen Höhen sich das Hochreservoir mit einem außen sichtbaren Wasserstandszeiger befindet. Der Pumpenwärter erkennt, klare Luft vorausgesetzt, auf einen Blick durch das Fernrohr den jeweiligen Wasserstand.)

Da des leichteren Erkennens wegen auf den Zifferblättern e in gewisser Raum zwischen dem leeren und vollen Zeigerstand unbenutzt gelassen wird (meist das untere Segment mit $^1/_5$ der Skala), so muß das Übersetzungsverhältnis des Räderwerkes dementsprechend eingerichtet werden. Besitzt z. B. das Zahnrad Z in Fig. 714, das mit dem Zeiger die drehende Bewegung gemeinsam macht, 50 Zähne, so werden nur 40 Zähne hiervon benutzt. Hat ferner das Rädchen R, das auf der Leitrolle L_1 sitzt, 10 Zähne, so muß sich dieses viermal um seine Achse drehen, bis die Zähnezahl 40 des größeren Rades Z erreicht ist. Mit dem kleinen Rädchen R dreht sich auch die Leitrolle L_1 viermal um; ihr Umfang wird also viermal abgewickelt und entsprechend die auf diesem Umfang liegende Kette. Da nun diese Abwicklung den ganzen nutzbaren Weg des Schwimmers darstellt, also die Differenz zwischen dem tiefsten und höchsten Wasserstande $= H$ in Fig. 714, so ist zwischen diesem Weg und dem Umfang der Leitrolle L_1 die Beziehung maßgebend: $H = n . \pi . D_{L_1}$, wenn mit D_{L_1} der Durchmesser der Leitrolle L_1 und mit n das Übersetzungsverhältnis des benutzten Zahnradsegments zu der Zähnezahl des kleinen Rades bezeichnet wird. So ist für $n = 4$, $D_{L_1} = 0{,}15$ Meter der Wert von $H = 4 . 3{,}14 . 0{,}15$ Meter $= 1{,}88$ Meter. Die dementsprechende Einrichtung wäre also für Wasserstände zu benutzen, die um 1,88 Meter in der Höhe differieren. Kleiner als 0,15 Meter sollten die Leitrollen nicht gemacht werden, damit die Ketten nicht notleiden; auch ist es ratsam, die Leitrolle L_1, welche nur infolge ihrer Drehung den Zeiger bewegt, mit Rillen zu versehen, in die sich die Kettenglieder legen, und so das Gleiten der Kette zu verhüten, das zu unrichtigen Zeigerangaben führt. Am besten bewähren sich sogenannte „Kettenrollen"; diese verlangen aber genau kalibrierte Ketten, d. h. Kettenglieder von ganz gleichen Formen und gleichen Abständen; die Kette legt sich dann in entsprechend ausgesparte Vertiefungen der Kettenrolle und kann nicht gleiten. Auch dürfen die Ketten nicht zu schwach sein, damit sie Widerstand bieten, wenn an ihnen absichtlich gezogen wird und sollen nicht aus blankem Eisen bestehen, weil sie sonst durch das beständige Ein- und Austauchen vom Rost zerstört würden. Zu empfehlen sind kalibrierte Ketten aus ca. 2 Millimeter starkem Messingdraht oder aus vernickeltem Stahl. Am dauerhaftesten sind diejenigen aus Neusilber.



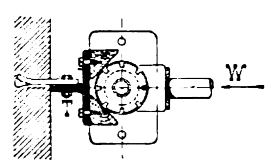


Fig. 716. Wasserstandsglas für Schieberkammern. M = 1 : 50.

III. Wasserstandsgläser. Bei Reservoiren mit erhellten Schieberkammern, in denen die Sohlen auf gleicher Höhe (wie z. B. in Fig. 377 bis 383 auf S. 749 u. 750 in Abt. I) angelegt sind, kann der Wasserstand aus dem Inneren des Behälters mittels gußeiserner, die Wand durchdringender Röhren, welche wegen etwaiger Inkrustationen nicht unter 80 Millimeter Lichtweite genommen werden sollten, in der Schieberkammer durch Glasröhren, sogenannte Wasserstandsgläser, sichtbar gemacht werden.

Die hierzu nötigen Apparate sind in Fig. 716 u. 717 dargestellt. Diese Wasserstandszeiger bestehen aus einem Unterteil von Bronze für den Wassereintritt bei W nicht unter 25 Millimeter Lichtweite und zur Aufnahme einer Stopfbüchse, in welcher sich das senkrechte eigentliche Wasserstandsglas befindet. Da die Länge dieser Gläser in der Regel mehrere Meter beträgt, so muß deren Lichtweite verhältnismäßig groß genommen werden, um den Transport in Kisten zu ermöglichen. Es ist zwar möglich, mittels übergeschobener Gummischlauchstücke von 4 bis 5 Zentimeter Länge je zwei oder mehrere kürzere Gläser durch Kupplung zu einem langen Glase zu vereinigen; allein diese Kupplungsschlauchstücke verdecken bisweilen in kritischen Zeiten (bei Beobachtungen von Defekten an Reservoir oder Leitung, oder bei Messungen der Förderung) in unliebsamer Weise die zu kontrollierenden Wasserspiegel, weshalb man stets vorzieht, das Glas in seiner ganzen Länge aus einem Stück bestehend einzusetzen. Je nach der Länge variieren die üblichen äußeren Durchmesser der Gläser zwischen 35 und 45 Millimeter, bei etwa 5 Millimeter Wandstärke. Das Glas wird in der Stopfbüchse auf eine ca. 25 Millimeter weit gelochte Gummischeibe gestellt, damit es weich aufsteht, und wird durch Einlagen von Gummiringen, sogenannten „Wasserstandsringen", mittels leichten Anziehens der Stopfbüchsenmutter (vgl. Fig. 217, S. 137) gedichtet. Stopfbüchsenbrillen mit seitlich sitzenden Stopfbüchsenschrauben (die gewöhnlichen Stopfbüchsen, vgl. Fig. 216) sind nicht vorteilhaft, da bei dem geringsten einseitigen Anziehen der einen Schraube das Glas splittert.

Es ist besser, die Stopfbüchse etwas undicht zu belassen, als einen Glassprung zu riskieren, der oft nicht sogleich, sondern meist in den Nächten mit Temperaturwechsel eintritt. Das Unterteil der Stopfbüchse dient zugleich als Befestigungspunkt für die an eine Wand zu stellende Skala, welche in Fig. 716 aus einem T-Eisen gebildet ist, mit von der Rückseite aus aufgeschraubten, keilförmig das runde Glas umgebenden Eichenholzleisten, die die eigentliche Skalaeinteilung tragen.

Es kann auch die Skala auf die eiserne T-Schiene direkt geschrieben werden; das Ablesen ist dann aber etwas unsicher, besonders von einem tieferen Standpunkt aus. Man trifft dann nicht selten die Anordnung einer eisernen Leiter vor dem Wasserstandsglas, um das beobachtende Auge genau in gleiche Höhe mit dem jeweiligen Wasserspiegel zu bringen. Nur hölzerne Skalen zu verwenden, ohne eiserne feststehende Schiene, ist nicht empfehlenswert, da sie sich in den meist feuchten Räumen werfen und vielfach die Ursachen von Glassprüngen sind. Statt T-Eisen läßt sich auch Winkeleisen verwenden, das auf den Innenflächen direkt beschrieben wird.

Bei nicht genügend erhellten Schieberkammern erleichtert das Auflegen eines schwarz gefärbten dünnen Korkschwimmers *s* (Fig. 716) auf den Wasserspiegel das Ablesen des Wasserstandes bedeutend, da sich der schwarze Schwimmer von dem weißgestrichenen Hintergrunde der Skala oder der Schiene gut abhebt *). Das Glas wird oben mit einem leicht aufgesteckten Messingdeckelchen gegen Staubeinfall geschützt; es darf nicht dicht aufliegen, da sonst die Glasröhre bei steigendem Wasserstand inneren Druck erfährt. Die Schiene ist oben mittels Steindollen an der Wand befestigt, das Glas wird zwei- bis dreimal mit schmalen Messingbändern *b b*, die mit Filz gefüttert sein können und an der Schiene, nicht an der Holzskala befestigt sind, gehalten. Die Skalen enthalten bisweilen rechts die Einteilung in Metermaß, links die den jeweiligen Wasserständen entsprechenden Inhalte der zugehörigen Reservoirkammer in Kubikmeter.

Eine oft gebrauchte Anordnung der Wasserstandsgläser in Verbindung mit dem Schwimmerrohr für den elektrischen Wasserstandsfernmelder, von welchem später die Rede sein wird, zeigt Fig. 717. Kann die Anordnung symmetrisch vor der die beiden Kammern trennenden Mittelmauer erfolgen, so tritt von links aus der Kammer K_I durch die Rohrleitung das Wasser in das Wasserstandsglas W_I, von rechts aus K_{II} nach W_{II}. Findet die Aufstellung an einer Seitenwand statt (in der Regel wird man hierzu die besterhellte Wand wählen), so wird die Zuleitung des Wassers von einer Seite her erfolgen müssen, wie punktiert von links angedeutet. Es liegt dann die Leitung *II* senkrecht unter der Leitung *I* und steigt beim Wasserstandsglas W_{II} in die Höhe, indem sie mit der Einführung zu W_{II} verbunden wird. Sämtliche Rohrleitungen sind nicht unter 25 Millimeter Lichtweite aus galvanisierten schmiedeisernen Röhren zu nehmen; sie schließen mittels Absperrschieber an die aus der Reservoirwand hervorstehenden gußeisernen Zuleitungsröhren an, von denen zuweilen diejenige für Nr. *II* im Sohlengemäuer der nächstgelegenen Kammer *I* durchlaufend eingebettet liegt, wenn nämlich die Kammern nicht nebeneinander, wie in Fig. 717, sondern hintereinander gelegen sind. Um jedes Wasserstandsglas für sich ausschalten zu können, ist zunächst an jedem Stopfbüchsenunterteil ein Absperrhahn *1* und *2* angebracht; um aber bei Reservoirreinigungen u. dgl. für die in Benutzung bleibende Kammer den elektrischen Wasserstandszeiger dienstbar zu erhalten, sind beide Leitungen durch Absperrhähne *3* und *4* mit der gemeinschaftlichen Zuführung zum Schwimmerrohr *S* verbunden. Wird beispielsweise Kammer *I* gereinigt, so ist Hahn *1* und *3* geschlossen, *2* und *4* geöffnet, es tritt Wasser von Kammer *II* in das Wasserstandsglas *II* sowie in das Schwimmerrohr *S*. Ist Kammer *II* leer, so ist Hahn *2* und *4* geschlossen, dagegen Hahn *1* und *3* geöffnet. Die Ablaßhähne *5* und *6* dienen zum Entleeren der Gläser und Kontrollieren der Beweglichkeit des Korkschwimmers, *7* und *8* sind Ablaßhähne, die ein Durchstoßen mit Draht ermöglichen, falls einer der Apparate verstopft sein sollte. Der Hahn *9* dient zum Entleeren des Schwimmerrohrs *S* (Fig. 717), wobei die Hähne *3* und *4* geschlossen werden.

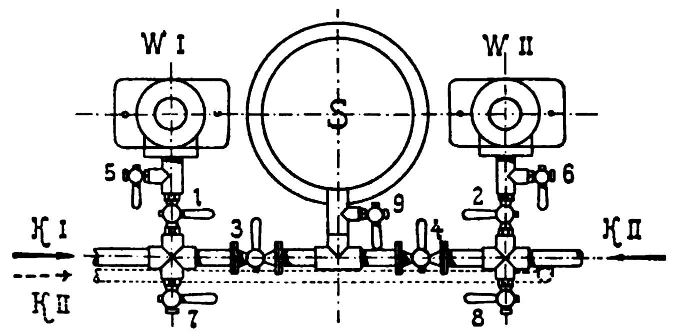


Fig. 717. Grundriß der Wasserzu- und -abführung bei Wasserstandsgläsern verbunden mit elektrischer Schwimmereinrichtung in Reservoiren. M = 1 : 50.

*) Auch die Reflexionsgläser (s. Fig. 503, S. 336), welche tiefschwarz erscheinen, soweit sie innen vom Wasser bespült sind, darüber aber mattes Weiß zeigen, können in diesen Räumen vorteilhaft verwendet werden.

Von Zeit zu Zeit müssen die Wasserstandsgläser geputzt werden, da sie sich bei nicht ganz reinem Wasser mit einem undurchsichtigen Belag bedecken. Genügt das wiederholte Ablassen und Füllen mit frischem Wasser unter abwechselndem Schließen von Hahn *1* und Öffnen von Hahn *5*, bezw. *2* und *6*, nicht, so wird bei dem oberen Glasende ein Hanf- oder Wattpfropfen an einem Messingdraht leicht eingeführt und unter stetem Auf- und Abziehen und gleichzeitigem Spülen die Innenwand des Glases gereinigt.

IV. Ermittlung der Wasserstände durch Druckmessung. Hochgelegene Reservoire werden vielfach durch eine besondere Leitung von kleiner Lichtweite mit Pumpstationen etc. verbunden, an deren unterem Ende ein Manometer (vgl. S. 482) angebracht ist und die von der Sohle dieser Reservoire ausgeht. Je nach der Spiegellage im Reservoir ändert sich die Pressung am Manometer; aus dem Manometerstand kann also auch auf die Spiegellage geschlossen werden. Manchmal wird auch eine mit Luft erfüllte Glocke über dem Boden des Reservoirs eingelassen und von dieser aus eine Luftleitung nach dem Manometer geführt, so daß aus den durch die Wasserpressung erzeugten Luftdruckunterschieden auf den Spiegelstand geschlossen werden kann (pneumatischer Wasserstandsfernzeiger von Amsler-Laffon, Schaffhausen). Diese einfachen Anordnungen bedürfen keiner besonderen Beschreibung; sie sind aber bei einigermaßen großer Entfernung zwischen Meßpunkt und Reservoir nicht billig und häufig von Zufälligkeiten beeinflußt (Frost, Verstopfung, Undichtigkeit etc.), so daß sie nur in besonders günstig liegenden Fällen Empfehlung verdienen. Führt von einer Pumpstation zu einem Reservoir eine Druckleitung mit annähernd konstanter Wasserförderung, oder gleicherweise von einem Reservoir eine Zuleitung ins Versorgungsgebiet, so kann auch aus der wechselnden Pressung in diesen Leitungen auf den Spiegelstand im Reservoir geschlossen werden. Bei gleichmäßiger Förderung hat nämlich die Drucklinie stets dieselbe Neigung gegen den Horizont. Ändert also z. B. (vgl. Fig. 718) das Wasser im Reservoir seinen Spiegel von AA' auf BB', so gibt die Differenz der entsprechenden Pressungen $p_0 : \gamma - p : \gamma$ die Senkung der Spiegellage s an u. s. f., gleichviel in welcher Entfernung die Stelle M, an welcher gemessen wird, vom Reservoir abliegt. Bei Verteilungsleitungen ist die Drucklinie jener in Fig. 718 entgegengesetzt geneigt. Beim Anschlusse an Rohrnetze bedarf es indessen, da hier die Verhältnisse nicht mehr so einfach liegen wie in Fig. 718 angedeutet, besonderer Vorkehrungen, um die beim Übergange entstehenden kleinen Druckschwankungen in ihrem Einfluß auf die Meßgenauigkeit zu paralysieren. Im folgenden soll ein Beispiel aus der Praxis für die betreffende letztgenannte Einrichtung gegeben werden.

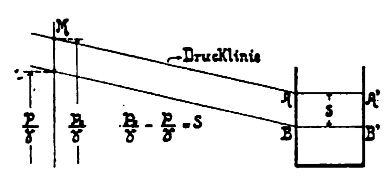


Fig. 718. Schematische Darstellung der Wasserstände mittels der Drucklinie.

Der in Fig. 719 dargestellte hydraulische Wasserstandsfernmelder von Hillenbrand [8] gleicht die erwähnten Druckschwankungen, welche bei a von der Anschlußstelle am Rohrnetz mit dem Wasser kommen, in den hintereinander geschalteten Windkesseln c^1 c^2 c^3 aus. Bevor das Wasser aber in die Windkessel eintritt, passiert es jeweils bei e^1 e^2 e^3 engmaschige Drahtgewebe, dann Schlammfänge und ventilgehäuseartig gebaute Zwischenstücke b^1 b^2 b^3, welch letztere statt eines Ventils je eine mit einer feinen Bohrung von ca. $^1/_2$ Quadratmillimeter Querschnitt versehene Metallscheibe eingelegt haben, die durch die Verschlußschraube d aus- und eingebracht wird. Bei e_4 schließt sich mittels des Rohrs f der mit Quecksilber gefüllte Behälter g und an diesen die Steigröhre h an, welche entsprechend der mittleren Pressung im Rohrnetze eine senkrechte Erhebung von je 76 Zentimeter auf 1 Atmosphäre hat. In den meisten Fällen genügt bei 4 bis 5 Atmosphären Leitungsdruck die Aufstellung des Quecksilberbehälters g mit den Windkesseln im Keller, zunächst der Einführung der gewöhnlichen Hausleitung, jedoch mittels besonderen Abgangs vom Straßenrohr (D. R.-P. Nr. 121 037). Im ersten oder zweiten Stockwerk befindet sich dann die Registriervorrichtung, welche mittels des in das Quecksilber der Steigröhre h eintauchenden eisernen Schwimmers i, eines über die beiden Rollen k^1 k^2 laufenden Kokonfadens mit Gegengewicht l, eines Schnurröllchens auf der Achse der Rolle k^2, einer Zwischenwelle m und des Schreibstiftes n

die Auf- und Abbewegungen des Schwimmers *i* in verkleinertem Maßstabe auf einen mit der Trommel *o* durch ein Uhrwerk bewegten Papierstreifen überträgt. Das Gegengewicht *l* setzt ein elektrisches Läutewerk in Tätigkeit, wenn es in seine höchste Stellung gelangt, die der tiefsten Lage des Schwimmers *i* entspricht, bezw. dem niedrigst zulässigen Wasserstand des Reservoirs, von dem das Rohrnetz gespeist wird. Sollten in besonderen Fällen drei Windkessel nicht ausreichen, so können beliebig viele genommen werden. Wird der Apparat mit der Wasserleitung verbunden, so steigt entsprechend dem vorhandenen Leitungsdruck das Quecksilber in der Röhre *h* in die Höhe und die Schreibfeder zeichnet diesen Druck auf dem Papierstreifen auf. Die höchste Erhebung dieser Drucklinie stellt sich ein, wenn das zugehörige Reservoir überläuft, die tiefste Absenkung, wenn aus der Druckleitung oder Verteilungsleitung bei tiefem Wasserstand des Reservoirs bedeutende Entnahmen stattfinden. Beide Endpunkte und die auf dem Papierstreifen jeweils vorgedruckte Skala müssen von Fall zu Fall festgestellt werden.

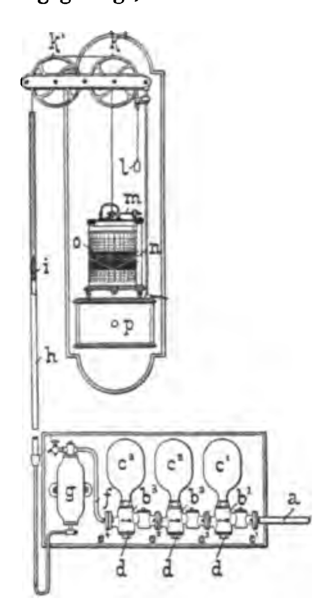


Fig. 719. Hydraulischer Wasserstandszeiger von Hillenbrand.

Über die Vorgänge beim Ausgleichen von Druckschwankungen durch Windkessel verweisen wir auf § 59C S. 321 und die Fig. 490 bis 497. Bei dem Hillenbrandschen Wasserstandsfernmelder sind jedoch noch besondere Eigentümlichkeiten im folgenden hervorzuheben. An Hand des Schemas Fig. 720 ist ersichtlich, daß das Gewicht der Quecksilbersäule *H* in dem an den Apparat anschließenden Eisenrohr *h* der von *a* kommenden Pressung im Rohrnetz jeweils das Gleichgewicht zu halten bestimmt ist. Befindet sich z. B. das Wasser im Rohrnetz und Reservoir augenblicklich in Ruhe, so repräsentiert die Höhe *H* der Quecksilbersäule lediglich den statischen Druck einer von *a* her pressenden Wassersäule gleich einer Höhe, welche die senkrechte Erhebung von der Anschlußstelle *a* an das Rohrnetz bis zum Wasserspiegel des Reservoirs darstellt, genau wie bei den Manometern. Der Schwimmer *i* und der durch diesen beeinflußte Zeiger *Z* befinden sich in diesem Falle auch in Ruhe und ihr relativer Hoch- oder Tiefstand ist nur von der größeren oder geringeren Höhe *H* der Quecksilbersäule bezw. der größeren oder geringeren Erhebung des Reservoirspiegels über der Anschlußstelle *a* des Apparates abhängig. Diese Erhebung ist an allen Orten durch die Höhenlage der Reservoirsohle über dem Punkt *a* unveränderlich gegeben und nimmt zu mit dem Steigen des Wasserspiegels im Reservoir. Es entspricht somit dem tiefsten Stand der Quecksilbersäule ein höchster Stand des Zeigers (Nullpunkt der Skala) bei leerem Reservoir. Jeder Teilstrich der Skala zeigt die zunehmende Wassertiefe im Reservoir an. Ist das Wasser im Rohrnetz nicht in Ruhe, findet vielmehr bei der Förderung oder beim Verbrauch Bewegung statt, so äußert sich der für die Förderung einer bestimmten Wassermenge bezw. für die Verteilung derselben aufgewendete Druckverlust (an Geschwindigkeitshöhe und Reibungswiderstand) das eine Mal als Mehrdruck über die Ruhepressung im Rohrnetz bei der Anschlußstelle *a*, das andere Mal als Minderdruck. Es wird demnach, angenommen das Reservoir sei leer und Schwimmer *i* wie Zeiger *Z* auf dem Nullpunkt der Skala, im ersten Falle das Quecksilber steigen, da dessen Säule *H* infolge des Mehrdruckes an Höhe zunimmt, im zweiten Falle sinken, da der Minderdruck die Höhe *H* reduziert. Bei Hauptleitungen, besonders bei solchen größeren Kalibers, spielen diese Mehr- oder Minderdrücke für das Erkennen der Vorgänge im Rohr und im Reservoir eine wesentliche Rolle; bei engen Straßenrohrleitungen hingegen, besonders an denen noch viele Privatleitungen angeschlossen sind, überwiegt deren Einfluß, so daß die Bewegungen des Zeigers bezw. das von dem Schreibstift Fig. 719 verzeichnete Druckdiagramm zu undeutlich wird. Die Erbauerin des Hillenbrandschen Wasserstandsfernmelders empfiehlt in solchen Fällen dessen Aufstellung nicht und veranlaßt deshalb bei Anfragen immer die Beantwortung eines Fragebogens mit Angabe der Rohrlichtweite, Länge bis Reservoir, Höhenlage desselben, Wassertiefe, ob die Zuleitung Förder- oder Verbrauchsleitung ist und womöglich die Einsendung einer Skizze über die Situation (Rohrnetzplan) mit Einzeichnung des Ortes, wo

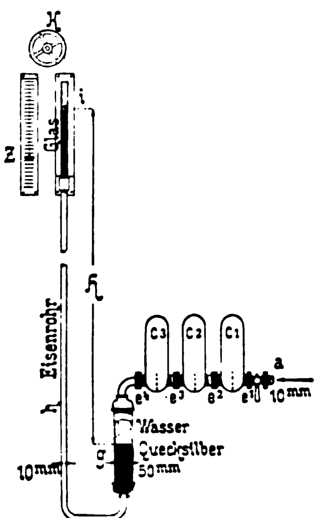


Fig. 720. Schema zum Hillenbrandschen Wasserstandszeiger.

der Wasserstandsfernmelder aufgestellt werden soll, normale und maximale Pumpenleistung bezw. Entnahme aus dem Rohrnetz.

Es läßt sich nun schematisch darstellen, wie in einem Rohrnetze die Drucksteigerung während der Periode des Füllens des Hochreservoirs und die Druckschwankungen, die gleichzeitig durch die wechselnde Entnahme entstehen, mit der Drucksteigerung einhergehen. Die Drucksteigerung für sich allein, also ohne Schwankungen, würde während des Füllens, wie in Fig. 721 punktiert gezeigt, eine ansteigende Linie *1* bis *16*, während des Entleerens eine abfallende und während des Stillstandes (der Förderung bezw. des Verbrauchs) eine horizontale Linie ergeben. Hierbei muß, wenn in gleichen Zeiten (Abszissen) gleiche Zu- bezw. Abnahme (Ordinaten) des Wasserdrucks bezw. Wasserspiegels stattfindet, diese Linie eine Gerade sein. In jedem anderen Falle eine Kurve. Die nebenher und gleichzeitig mit der Druckzu- und -abnahme in dem Rohrnetze auftretenden Druckschwankungen verändern den Charakter der gedachten Linie und wandeln sie in eine fortlaufende Reihe von Kurven verschiedenartiger Länge um, und zwar große Entnahmen in langgestreckte, kleine Druckstöße in kurze, da die Stöße, wie sie z. B. von den gewöhnlichen Zapfstellen, Hähnen u. dgl. herstammen, in der Regel nur von kurzer Dauer sind; diese letzteren sind es auch, welche ein Ablesen oder Aufzeichnen des mittleren in einem Rohrnetz herrschenden Druckes an gewöhnlichen Druckmessern (Quecksilber- bezw. Federmanometern) zur Unmöglichkeit machen. Durch die Anwesenheit der Windkessel c^1 c^2 c^3 (vgl. Fig. 719 u. 720) gelangt nun z. B. beim Öffnen einer der genannten Zapfstellen ein Teil des im Windkessel c^1 befindlichen Wassers infolge der plötzlichen Druckabnahme (von *1* bis *2* auf *2* bis *3* im Diagramm der Fig. 721) in das Rohrnetz zurück; die Störung des vorher in dem Zeitelement zwischen *1* bis *2* bestandenen Gleichgewichts in den drei Windkesseln veranlaßt auch ein Zurückströmen von Wasser aus dem Windkessel c^2 durch die enge Öffnung der Metallscheibe e^2 des Windkessels c^1 in diesen selbst und aus dem gleichen Grunde aus dem Windkessel c^3 nach c^2. Diese Rückwärtsbewegungen der drei Wasserquantitäten erfolgen in der geschilderten Reihenfolge nacheinander, erfordern demnach eine gewisse Zeit zu ihrer Ausführung, und wenn innerhalb dieser Zeit die Zapfstelle nicht wieder geschlossen wird, so muß die Quecksilbersäule *H*, entsprechend der Druckverminderung im letzten Windkessel c^3, sinken. Der Schreibstift verzeichnet dann die Linie *2* bis *3*. Wird hierauf die Zapfstelle geschlossen, so pflanzt sich die im Rohrnetz entstandene Drucksteigerung (s. § 59, Fig. 490) bis in die Windkessel hinein fort, um hier zunächst in c^1 einen Teil des ankommenden Wassers abzugeben, den anderen Teil durch die enge Öffnung nach c^2 weiterzutreiben, den Rest endlich in c^3 dazu zu verwenden, um die anschließende Quecksilbersäule *H* wieder zum Steigen zu bringen. Da nun bekanntlich die sogenannten „Widderstöße" beim Schließen der Zapfstellen stets eine Drucksteigerung ü b e r den normalen augenblicklichen Druck hinaus hervorrufen, so wird die Quecksilbersäule zu hoch emporgetrieben, der Schreibstift daher die Linie *3* bis *4* aufzeichnen. Im nächsten Augenblick schwingt die Quecksilbersäule zurück, es wiederholt sich das gleiche Spiel wie zwischen *2* bis *3*, nur weniger intensiv; der Schreibstift zeichnet die Linie *4* bis *5* u. s. f. Es ist einleuchtend, daß bei kurzem Öffnen von Zapfstellen diese Zickzacklinien nicht in dem Maße, wie sie in dem Zeitabschnitt *I* übertrieben dargestellt sind, zum Ausdruck kommen können, namentlich dann nicht, wenn während der Zeit (zwischen den Punkten *2* bis *5*), in welcher sich die beschriebenen Wasserbewegungen in den Windkesseln vollziehen müssen, die Zapfstelle etwa wieder geschlossen wird. Es vernichten sich dann gegenseitig die hin und zurück gehenden Druckäußerungen schon in den Windkesseln allein. Im Zeitabschnitt *II* des Diagramms Fig. 721 ist die Drucklinie beim Öffnen eines Hydranten dargestellt, sie zeigt von *6* bis *7* Abnahme des normalen Leitungsdrucks auf den der größeren Entnahme entsprechenden, von *7* bis *8* Dauer und Leitungsdruck während der Entnahme, Punkt *8* entspricht der Zeit nach dem Schluß des Hydranten, *8* bis *11* zeigt die nachfolgenden Stöße in der Leitung. Zeitabschnitt *III* zeigt die Drucklinie, wenn vom normalen Leitungsdruck ausgehend durch Schließen von Zapfstellen, oder auch bei Förderleitungen durch Vermehrung der Fördermenge eine hydraulische Drucksteigerung im Rohrstrang eintritt. Dauert das Schließen der Zapfstellen lang, bezw. ist die Zunahme der Förderung allmählich, so erhebt sich die Drucklinie zwischen *12* bis *13* nur wenig über der normalen, um beim Aufhören der erwähnten Ursachen zunächst von *13* bis *14* unter die normale und schließlich von *14* bis *15* wieder über die normale zu gehen und dort dem neuen Betriebszustande entsprechend zu verharren, so daß die neue Linie *15* bis *16 a* parallel über der ursprünglich angenommenen punktierten Drucklinie *1* bis *16* liegt, bis ein neuer Anstoß von außen sie wiederum verändert u. s. f.

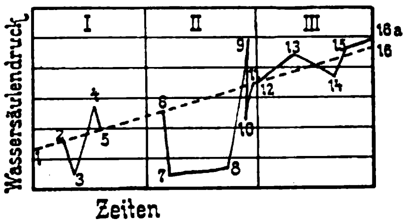


Fig. 721. Druckschwankungen im Rohrnetz.

Die nachstehenden einem praktischen Betriebe entnommenen Diagramme (Fig. 722 u. 723), welche unter anderem an Apparaten bis zu 1150 Meter Entfernung vom Reservoir ausgeführt sind

und eine Papierlänge von 48 Zentimeter für 24 Stunden haben, wobei die Einteilung der Ordinaten nach Kubikmeter Reservoirinhalt oder nach Zentimeter von Wasserständen erfolgen kann, sollen die vorstehenden Betrachtungen bestätigen.

1. Fig. 722 zeigt das Betriebsdiagramm eines Hillenbrandschen Wasserstandszeigers, der an ein Rohrnetz angeschlossen war, welches zwischen der Pumpstation und dem Hochbehälter (einem ca. 35 Meter hohen Wasserturm) lag. Das vom Versorgungsgebiet nicht verbrauchte Wasser

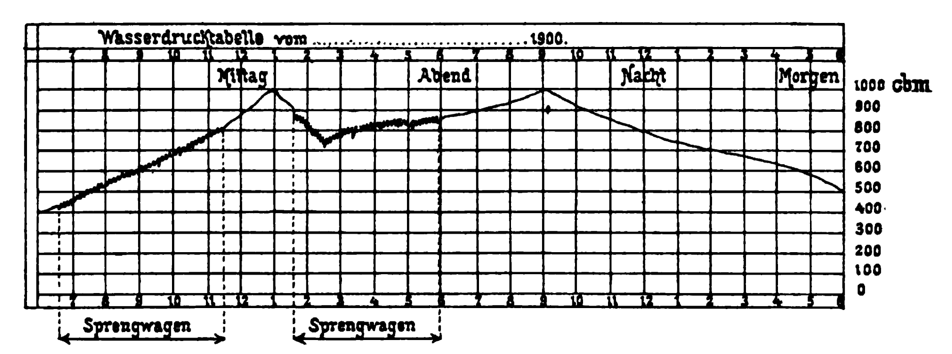


Fig. 722. Normales Diagramm des Hillenbrandschen Wasserstandszeigers.

förderten die Pumpen in den Turm. Die besonders hervorstechenden Merkmale der in 24 Stunden (eines Sommertags) verzeichneten Wasserstands- bezw. Drucklinie sind:

6 Uhr 00 Min. vormittags: Die Pumpen wurden in Betrieb gesetzt.
6 „ 30 „ „ Beginn der Wasserentnahme aus den öffentlichen Straßenhydranten zu Sprengzwecken. (Die einzelnen Wagenfüllungen sind noch zu unterscheiden!)
11 „ 30 „ „ Einstellung der Wasserentnahme aus den Hydranten.
12 „ 50 „ nachmittags: Der Behälter ist gefüllt; die Pumpen sind abgestellt.
1 „ 30 „ „ Die Sprengwagen treten wieder in Tätigkeit.
2 „ 30 „ „ Die Pumpen werden in Gang gesetzt.
2 „ 30 „ „ bis 6 Uhr 00 Min. abends: Allmähliches Steigen des Wasserstandes im Hochbehälter.
6 „ 00 „ abends: Die Sprengwagen werden außer Tätigkeit gesetzt.
9 „ 00 „ „ Der Hochbehälter ist gefüllt; die Pumpen werden abgestellt.
9 „ 00 „ „ bis 6 Uhr 00 Min. morgens: Charakteristische für gewöhnlich sich immer gleich bleibende Nachtlinie (undichtes Rohrnetz etc. anzeigend).

2. Fig. 723 ist das Betriebsdiagramm desselben Wasserstandszeigers von einem Tage, an welchem nachts ein Rohrbruch erfolgte, mit den besonderen Kennzeichen:

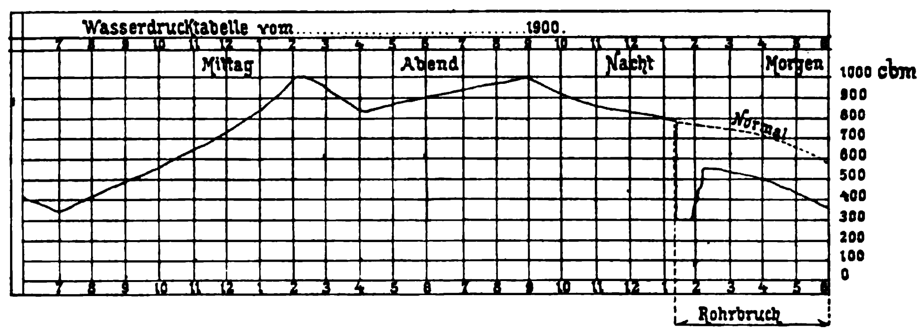


Fig. 723. Diagramm mit einem in der Nacht erfolgten Rohrbruch.

7 Uhr 00 Min. vormittags: Die Pumpen werden mit etwa 200 Kubikmeter stündlicher Fördermenge in Betrieb gesetzt.
2 „ 00 „ nachmittags: Hochbehälter gefüllt; läuft etwa 25 Minuten über.
2 „ 30 „ „ Pumpen abgestellt.
4 „ 00 „ „ Pumpen mit etwa 150 Kubikmeter stündlicher Fördermenge in Betrieb genommen.

9 Uhr 00 Min. abends: Pumpen abgestellt.
1 „ 35 „ nachts: Bruch eines Hauptrohrs. Der Wasserstandsfernmelder weckt infolge des starken Druckabfalls sofort das diensttuende Personal.
1 „ 55 „ „ Erster Schieber abgestellt.
2 „ 00 „ „ Zweiter und dritter Schieber abgestellt.
2 „ 15 „ „ Rohrbruchstelle vom Rohrnetz ausgeschaltet. Gesamtwasserverlust gemäß der Drucklinie etwa 210 Kubikmeter.

Der Hillenbrandsche Wasserstandsfernmelder ist zur Zeit (1905) an das Verteilungsnetz direkt angeschlossen in Mannheim, Darmstadt, Worms, Schwetzingen, Ludwigshafen a. Rh. etc. Eigene Verbindungsleitungen zwischen Hochreservoir und Aufstellungsort des Melders (aus $^3/_4$zölligen eisernen Röhren bis zu einer Länge von 800 Meter) haben: Landsberg, Treuchtlingen und Berchtesgaden. Es wird von dem Hillenbrandschen Wasserstandsfernmelder auch das befugte oder unbefugte Öffnen einzelner Hydranten, Gebrauch derselben bei Großfeuer u. s. w. mit urkundlicher Präzision verzeichnet und überhaupt eine Kontrolle über die Vorgänge im Rohrnetz ausgeübt, die von großem Interesse ist. Näheres besagen die Prospekte der Firma: Luxsche Industriewerke, Ludwigshafen a. Rh.

Bucerius [12] hat den hydraulischen Wasserstandszeiger durch Einschalten einer Venturi-Röhre (s. Fig. 545, S. 387) dahin zu vervollkommnen gesucht, daß die Druckschwankungen, welche nur infolge vermehrter oder verminderter Druckverluste in der Leitung entstehen, ausgeschaltet werden. Vergl. auch [14], [15], [16].

V. Elektrische Fernmeldeeinrichtungen. Eigentliche Wasserstandsfernmelder über Spiegelschwankungen im Behälter werden bis jetzt sämtlich mittels elektrischen Stromes betrieben. Das Wesen derselben wird am einfachsten klar, wenn man sich die Vorgänge am Telegraphen vergegenwärtigt. Es wird genau wie bei diesem mittels des elektrischen Stromes (der aus einer galvanischen Batterie, den sogenannten „Elementen", oder von einer sonstigen Stromquelle entnommen werden kann) ein Stück Eisen in dem Augenblicke magnetisch gemacht, so daß es ein anderes Stück Eisen, den „Anker", anziehen kann, wenn der in einer Drahtspule um das erstere Eisenstück, den „Elektromagneten", geleitete Strom „fließt". Der Stromfluß wird beim Telegraphen durch Niederdrücken des Tasters veranlaßt, beim Wasserstandsfernmelder durch Berühren eines infolge wechselnden Wasserstandes des Behälters vermittels Schwimmers oder Pegels auf- und niedergehenden Kontaktes mit dem von der Stromquelle gespeisten anderen Kontakt. Sobald die Berührung stattfindet, kann der Strom fließen, und zwar in der Richtung von der Stromquelle nach der „Erde", da diese mit dem ersten Kontakt durch die hierbei tätige Schwimmereinrichtung und den Wasserinhalt des Behälters stets leitend verbunden ist.

Fig. 724 gibt ein sehr einfaches Schema des Kontaktwerkes wieder; *S* ist der Schwimmer, die Schwimmerkette läuft über ein Rad *K* mit Kontaktstiften *1*, *2*, welche in der Regel 5 Zentimeter Wasserspiegeldifferenz entsprechen. Die Kette trägt am anderen Ende das Gegengewicht *G*. Von dem negativen (—) Pol der Batterie *B* führt eine Drahtleitung durch die Erdplatte zur Erde, vom positiven (+) Pol eine solche um den Elektromagneten *E*, neben dem der Anker *A* in einiger Entfernung steht, welche durch die Feder *F* reguliert werden kann. In der gezeichneten Stellung des Kontaktrades *K* kann ein Ausgleich der positiven und negativen Spannung der Batterie (die von der verschiedenartigen elektrischen Scheidungskraft von Zink und Kohle, den beiden Hauptvertretern der Stromquellen, herrührt) nicht eintreten, da beide noch durch die Luft zwischen Kontaktstift *1* und Kontakt *3* isoliert, d. h. getrennt sind. Nähert sich aber der Stift *1* dem Kontakt *3*, was beim Steigen des Wassers und Schwimmers und Drehung von *K* im Sinne des Uhrzeigers stattfindet, so tritt schließlich Berührung der beiden verschieden geladenen Polenden in den Kontakten *1* und *3* ein und damit fließt der + Strom aus der Batterie in der punktierten Pfeilrichtung nach dem Elektromagnet *E*, von diesem durch die Leitung *L* über die Kontakte *3* und *1* und über das Kontaktrad *K* durch die Schwimmerkette in das Wasser, das wie die Erde negative Elektrizität hat, und endlich aus der Erde durch die Erdplatte nach dem — Pol in die Batterie zurück. Bei fortschreitender Bewegung des Kontaktrades infolge steigenden Wasserstandes etc. hört die Berührung der beiden Kontaktpunkte auf; der Strom wird wieder unterbrochen. Solange aber die Berührung dauert, fließt der Strom und erregt den Elektromagneten *E*, d. h. das Eisen desselben wird dabei magnetisch, das dann den Anker *A* anzieht und festhält. Durch das Anziehen des Ankers *A* wird, da er um einen Drehpunkt schwingend angeordnet ist,

eine kleine Bewegung des Ankers ausgeführt, die in geeigneter Weise mittels feiner Schalthebel *H* und Klinken *Kl* auf ein Schaltrad *R* geleitet wird, wobei letzteres um einen Zahn weiterrückt und ein mit dem Schaltrad sich drehender Zeiger *Z* über einem entsprechend in Zentimeter Wasserständen eingeteilten Zifferblatt bewegt wird. Läßt der Kontaktschluß *1, 3* nach, so drückt die Feder *F* den Anker *A* wieder weg, die Schalthebel am Zeigerwerk werden ebenfalls durch die Feder in eine neue Lage gebracht, so daß beim nächsten Kontakt ein benachbarter Zahn weitergeschaltet werden kann. In dem Schema der Fig. 724 ist der Deutlichkeit wegen nur auf der rechten Seite des Kontaktrades *K* die Kontaktanordnung gezeichnet, die, wie oben auseinandergesetzt ist, beim S t e i g e n des Wasserspiegels in Funktion tritt. Für das S i n k e n des Wasserspiegels wird ein auf der linken Seite des Kontaktrades angebrachtes Kontaktsystem, das eine besondere Leitung, also eine z w e i t e Fernleitung mit einem zweiten Elektromagneten verbindet, ganz in der gleichen Weise wie das rechtseitige erregt; ebenso werden die Bewegungen des zweiten Elektromagneten mittels eigener Hebel und Klinke auf ein benachbartes Schaltrad geleitet, dessen Zähne entgegengesetzt dem ersteren gestellt sind und die Drehrichtung des Zeigers umkehren. Es sind also die Zeigerbewegungen stets konform mit den Bewegungen des Kontaktrades, d. h. es wird das Steigen und Fallen des Wasserspiegels auf ein Zeigerwerk übertragen, ähnlich wie in Fig. 714, so daß mit steigendem Wasserspiegel der Zeiger im Sinne eines Uhrzeigers sich dreht, mit fallendem Wasser im entgegengesetzten Sinne. Das Kontaktwerk *K* der Fig. 724 muß in dem Reservoir oder einem zugehörigen geeigneten Raum aufgestellt werden; das Zeigerwerk mit Magneten und Batterie in der Beobachtungsstation. Zwischen diesen beiden Stationen erstrecken sich die beiden Leitungen *L*, d e r e n L ä n g e k e i n e S c h r a n k e n g e z o g e n s i n d.

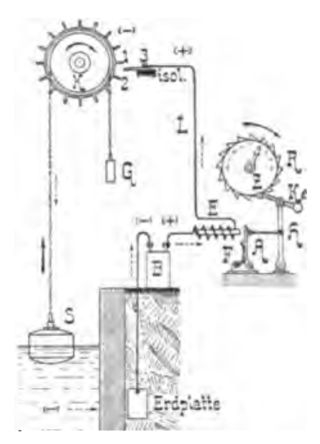


Fig. 724. Schema zu einem elektrischen Wasserstandszeiger.

Die elektrischen Wasserstandsfernmeldeeinrichtungen begegnen bei vielen Betriebsleitern von Wasserversorgungen auch heutzutage noch dem größten Mißtrauen und es liegen leider auch an vielen Orten recht ungünstige Erfahrungen mit diesen sonst so bequemen, für einen geordneten Betrieb fast unentbehrlichen Einrichtungen vor. An den Mißerfolgen trägt jedoch — wenn man gerecht sein will — keineswegs immer das ausführende Etablissement die Schuld; sie entspringen vielmehr häufig aus mangelhafter Beaufsichtigung und Wartung der Einrichtungen, die — ähnlich wie komplizierte Uhrwerke — sehr empfindlich sein müssen und gerade deshalb ganz besondere Sorgfalt in Anlage und Unterhaltung bedingen. Im folgenden soll nun zunächst — ohne das Gebiet der Elektrotechnik eingehender zu berühren*) — auf die Haupterfordernisse für praktisch zweckmäßige Einrichtungen eingegangen werden, sowie auf die Ursachen, aus welchen in der Regel die belangreichsten Störungen entstehen. Um eine kleine Übersicht zu geben, wollen wir dann in zweiter Linie einige bewährte Detaileinrichtungen vorführen und erläutern. Selbstverständlich soll die Wahl dieser Beispiele nicht so aufgefaßt werden, als ob wir damit sagen wollten, daß sie allgemein als Muster dienen können. Die Bedürfnisse der Praxis sind je nach besonderer Sachlage so mannigfaltig, daß es gar nicht möglich ist, hier eine allgemeine Richtschnur zu geben. Die besseren elektrotechnischen Werkstätten liefern heutzutage in der Mehrzahl vortreffliche sinnreiche Einrichtungen, die allen speziellen Wünschen der Auftraggeber — sofern diese Wünsche präzis formuliert sind — zu entsprechen vermögen und die Vervollkommnung der Einrichtungen geht parallel mit allen berechtigten Ansprüchen. Es kann also unseres Erachtens jeder Betriebsleiter oder Erbauer einer Wasserversorgung durch gute Verträge und Auswahl der passenden Fabrik sich genügende Sicherheit für das richtige

*) Zum Studium empfehlen wir: Schmidt, G., Elektrische Telegraphie, 7. Aufl., Leipzig 1906 und Wietz u. Erfurth, Hilfsbuch für Elektropraktiker, 6. Aufl., Leipzig 1907, in welchen auch die Wasserstandsfernmelder von Siemens u. Halske (Wernerwerk)-Berlin eingehend beschrieben sind.

Funktionieren elektrischer Wasserstandsfernmeldeeinrichtungen verschaffen. Warnen möchten wir aber bei dieser Gelegenheit vor dem Eingreifen in das Detail solcher Konstruktionen, da hierin stets die Gefahr liegt, daß sich die Unternehmer der Garantie entziehen.

A. Allgemeine Gesichtspunkte und Ursachen von Störungen. Die Hauptererfordernisse des richtigen Funktionierens von Wasserstandsfernmeldeeinrichtungen sind: 1. Eine ungestörte zuverlässige Wirkung der Schwimmer, die den Wasserstand zur Anzeige bringen; 2. ein zweckmäßiger Schutz der Kontakte an den elektrischen Apparaten gegen Feuchtigkeit; 3. das Verhüten des Eindringens von Störungen durch Organismen; 4. der Schutz gegen Blitzgefahr; 5. die zweckentsprechende Anordnung, Unterhaltung und Beaufsichtigung der Freileitungen; 6. die Anordnung und Unterhaltung der stromerzeugenden Batterien etc.; 7. die zweckmäßige Wahl der Durchmesser und des Materials der Leitungsdrähte; 8. die Wahl des Systems der Wasserstandszeiger; 9. die Kombination der Wasserstandsfernmeldeeinrichtungen mit Telephonanlagen.

1. Einfluß der Schwimmervorrichtungen. Fast die Hälfte aller Störungen in einem Betriebe mit Fernmeldeeinrichtungen ist auf die unrichtige Anordnung der Schwimmer zurückzuführen. Bei Revisionen an den Kontaktwerken zeigt es sich vielfach, daß der Schwimmer, durch den Kontrollierenden auf eine gewisse Höhe gehoben und gesenkt, im Schwimmerrohre oder in seitlichen Stangenführungen hängen bleibt und daß dann bei den darauf folgenden Gewaltanwendungen die Kette oder das Metallband direkt am Schwimmer sich loslöst, oder zerreißt. Das Hängenbleiben der Schwimmer hat seine Ursache in der meist zu geringen Höhe derselben, welcher Umstand bei schaukelnden Bewegungen des Wassers (die auch zuweilen während des regulären Betriebes sich ereignen) ein Ecken des Schwimmers im Rohre herbeiführt. Auch Führungsstangen werden häufig bei Reservoirreinigungen durch die Hantierungen im Dunkeln, Anlehnen an die Stangen u. dgl. verbogen und die Verbiegung wird erst bekannt, wenn das elektrische Wasserstandszeigerwerk nicht mehr funktioniert. — Die Ösen der Ketten an den Schwimmern und die Ketten selbst sollen auf eine sehr solide Art mit nicht zu schwachen Dimensionen ausgeführt sein, um kleineren Zugbeanspruchungen zu widerstehen. — Vgl. die Konstruktion des Schwimmers in Fig. 713 u. 714.

2. Schutz der Kontakte gegen Feuchtigkeit. Der galvanische Strom findet in der Luft einen bedeutenden Widerstand, den er nicht überwinden kann. Ganz anders wird aber die Sache, wenn die Kontakte feucht und mit Wasserperlen belegt sind. Befände sich z. B. zwischen den Kontakten *1* und *3* (Fig. 724) ein Wassertropfen, so könnte, falls er im Zusammenhange mit *1* und *3* bleibt, während dieses Zusammenhanges der galvanische Strom in gleicher Weise fließen, wie wenn sich die beiden Kontakte tatsächlich berührten. Es würde dann ein vorzeitiges Weiterrücken des Zeigerwerks *Z*, also ein falsches Zeigen erfolgen; außerdem fließt während der ganzen Zeit Strom in die Erde, die Batterie wird daher frühzeitig erschöpft werden. Für die Schaltung am Zeigerwerk hätte das kurze Zufrühzeigen zwar keinen wesentlichen Fehler im Gefolge; allein der gleiche Übelstand des Stromfließens stellt sich auch ein, wenn der Kontaktpunkt *3*, der notwendigerweise doch in nächster Nähe des Kontaktrades, also mit diesem in irgend einem Raume befestigt sein muß, durch Wassertropfen mit seiner Befestigungsstelle und somit mit der Erde leitend verbunden wird. Dann fließt der elektrische Strom von *3* sogleich zur Erde, auch wenn die Kontaktpunkte *1* und *3* sich nicht berührt hätten. Es entsteht ein sogenannter „Erdschluß", der Anker beim Zeigerwerk bleibt angezogen, der Zeiger bleibt stehen, der ganze Wasserstandsapparat funktioniert nicht. Es ist daher eine Hauptforderung bei Aufstellung des Kontaktwerkes, daß aus dem Raume jede Feuchtigkeit, die zu Niederschlägen führen kann, entfernt wird, sei es durch kräftige Ventilation oder luftdichte Einkapselung des Kontaktwerkes. Aus den unten folgenden Detailkonstruktionen wird zu ersehen sein, wie die Konstrukteure diesen Anforderungen gerecht zu werden bestrebt sind.

3. Eindringen von Insekten. Im Sommer legen die Schmetterlinge, besonders der Kohlweißling, ihre Eier mit Vorliebe in einsam stehende Ventilationsschächte, in deren oberem Aufbau gewöhnlich die Kontaktwerke der elektrischen Wasserstandszeiger montiert sind. Bleiben diese Eier unentdeckt, so kann es bisweilen geschehen, daß die aus ihnen entstandenen Raupen das Kontaktwerk förmlich überziehen, zwischen den Zähnen der Pegelräder, zwischen den Kontaktstiften, überall hindurchkriechen und teils Erdschluß, teils Hemmungen im Getriebe

verursachen. Zur Verhütung der Übelstände sind deshalb sämtliche Ventilationsöffnungen eventuell mit Metallgaze zu überziehen; auch empfiehlt sich ein häufiges Nachsehen an den Einrichtungen.

4. Die Gewitter bilden eine ständige Gefahr für die elektrischen Wasserstandszeiger, sofern die Blitzschutzvorrichtungen nicht wirksam angebracht sind. Letztere werden meist entsprechend Fig. 725 mit der Leitungsanlage installiert; die gegenüberstehenden Spitzen der beiden Metallplatten gestatten dem Blitz, wenn er die (+) Leitung irgendwo getroffen hat, überzuspringen und leiten die Elektrizität schadlos mit dem (—) Draht zur Erde. Der galvanische Batterie-(+) Strom ist anderseits zu schwach, um den Luftraum zwischen den Spitzen zu überspringen. Diese Blitzschutzvorrichtungen sind an und für sich einfach und sicher; dagegen läßt die Ableitung des Blitzes nach der Erde manchmal zu wünschen übrig. In der Regel erfolgt der Anschluß der Blitzleitung an eine bestehende Blitzableiterleitung, häufiger noch an die Wasserleitungsröhren. Bei letzteren Anschlüssen ist die erste Bedingung: vollkommen metallische Berührung. Zu diesem Zwecke wird das Wasserleitungsrohr an der Stelle, an welcher der Anschluß stattfinden soll, auf dem ganzen Umfang des Rohrs in einem ca. 40 Millimeter breiten Streifen vom Teerüberzug gereinigt und mit der Feile blank bearbeitet, so daß blankes metallisches Gußeisen ringsum zu sehen ist. Hierauf wird ein ca. 30 Millimeter breites und 2 Millimeter dickes Kupferband, das vorher metallisch blank geputzt wurde, um diesen blanken Rohrstreifen mehrmals umgewickelt und mittels Kupferdraht festgebunden. Das freie Ende des Kupferbandes wird mit der kupfernen Erdleitung des Blitzschutzapparates metallisch gut verlötet, und über die so geschaffene Anschlußstelle wird Isolierband (mit Gummi oder Asphalt getränkte Jute) in einer solchen Dicke fest aufgewickelt, daß mechanische Beschädigung durch Stoßen, Reiben u. dgl. nicht mehr zu befürchten steht; schließlich wird das Ganze mit heißem Teer oder Asphalt satt getränkt, um Feuchtigkeit abzuhalten. Wird der Anschluß der Blitzleitung auf diese Weise sorgfältig ausgeführt, so kann auf die Wirksamkeit der Blitzschutzvorrichtung mit Sicherheit gezählt werden. Nur dann richtet der Blitz Zerstörungen in den elektrischen Apparaten an, wenn er auf dem ihm durch die Erdleitungen vorgezeichneten Weg auf irgend ein Hindernis stößt, und dies sind isolierte oder nicht leitende Stellen. So sind z. B. die Gummidichtungen zwischen Flanschenröhren, Schiebern, Formstücken u. dgl. derlei Hindernisse; die einzige metallische Verbindung zwischen solchen Stücken sind in solchem Falle die Mutterschrauben, die aber meist nicht sehr eben und zumal nur auf der mehr oder weniger mit Asphalt überzogenen Gußhaut der Flanschenrückseite anliegen. Es kann daher von einer gut metallischen Berührung keine Rede sein. Solche Formstücke sollten deshalb nie zu einem Blitzableiteranschluß gewählt werden; vielmehr gehe man in solchen Fällen mit der kupfernen Erdleitung entlang des Rohrstranges innerhalb des Reservoirs so weit, nötigenfalls auch bis außerhalb der Schieberkammer, bis alle Flanschenverbindungen hinter dem Anschluß liegen, also bis an das erste der Muffenrohre, deren Bleidichtungen durch die Art der Herstellung im glühend heißen Verguß eine Gewähr für metallische Berührung und die Rohre selbst durch ihre große Berührungsfläche mit feuchter Erde genügende Zerteilung der elektrischen Entladung ermöglichen. Vergl. auch [6], [7], [10], [11].

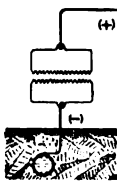


Fig. 725. Blitzschutzvorrichtung.

5. Anordnung der Freileitungen. Die Freileitungen selbst geben nur insofern zu Störungen im elektrischen Wasserstandsbetrieb Veranlassung, als sie bei mangelhafter Montierung hinsichtlich des ungleichen Durchhanges Berührungen mit anderen Leitungen erfahren, die vielfach neben den Wasserstandsdrähten als Telephon-, Telegraphen- und Feuermeldelinien auf ein und denselben Masten einhergeführt werden. Bekanntlich hängen im Sommer die Telegraphendrähte bedeutend mehr durch als im Winter, da die Ausdehnung in der höheren Temperatur ihre Länge vergrößert. Bei Stürmen geraten dann die durchhängenden Drähte in pendelartige Schwingungen, welche, wenn sie alle synchron, d. i. zur gleichen Zeit gleichmäßig erfolgen würden, eine Störung nicht verursachen könnten, denn ihr Abstand voneinander beträgt meist 30 cm und darüber. Befinden sich unter der Schar von Drähten aber solche, die mehr oder weniger tief durchhängen, weil sie beim Auflegen nicht genau mit den anderen gerichtet wurden, so verändern sich mit der Länge des Pendels die Schwingungszeiten, d. h. die einzelnen Drähte schwingen dann asynchron oder ungleichzeitig; wenn der eine Draht hinschwingt, schwingt ein benachbarter her, und sie kommen einander so nahe, daß sie sich berühren. Ist zufällig einer der berührenden Drähte mit negativer Elektrizität geladen, eine Wasserstandsleitung aber positiv, so bedeutet dies so viel, als hätte im Kontaktwerk ein Kontakt stattgehabt, worauf natürlich das Zeigerwerk mit einem Vor- oder Rückschub des Zeigers reagiert. Finden, wie es bei Stürmen der Fall ist, viele solche Stromimpulse statt, so gerät das Zeigerwerk in totale Unordnung. Die allgemeine Disposition muß also diese Übelstände zu vermeiden suchen.

Eine etwas harmlosere, weil leicht zu kontrollierende Unzuträglichkeit liefern die Bäume,

über deren Geäst hinweg die Wasserstandsleitungen frei hängen sollen. Bei Regenwetter darf ein Ast den Draht nicht berühren, weil wieder der elektrische Strom vom Draht ab- und über den nassen Baum zur Erde geleitet wird. Hierauf ist besonders zu sehen, wenn Leitungen durch Wälder zu führen sind; man umgeht den Baumwuchs dann meistens mit Versetzen der Maste einmal auf die rechte, einmal auf die linke Seite des Waldwegs, so daß die Drähte in einer Zickzacklinie über den Weg hängen. Im übrigen wird durch rechtzeitiges Ausschneiden der fortgesetzt heraufwachsenden Äste, auch bei Obstbäumen, dafür zu sorgen sein, daß die Leitungen stets frei hängen.

Führen die Drähte durch bewohnte Orte, wo sie nicht selten an Häusern ihre Unterstützung finden, so können lose gewordene Blechdachrinnen, die sich quer über die beiden obersten Drähte legen, Störungen im Zeigerwerk verursachen. Die zwei, obschon gleichnamige Elektrizität führenden Wasserstandsleitungen, werden durch die Blechrinne leitend verbunden, und sobald im Kontaktwerk dann einer der Kontakte Strom durchfließen läßt, so leiten beide Drähte den Strom über die Rinne zur Erde. Im Zeigerwerk werden daher beide Anker angezogen, d. h. der Zeiger sowohl nach vorwärts, als auch nach rückwärts gerückt; er bleibt also stehen, und der Apparat funktioniert nicht.



Fig. 726. Meidinger-Element.



Fig. 727. Leclanché-Element.

Auch Fahnen, die bei festlichen Anlässen von den Dächern wehen und die Leitungsdrähte einwickeln, sind Feinde einer geordneten Wasserstandsfernmeldung.

Damit dürften die Hauptstörungen genannt sein; es sind nur solche, denen in ganz gleicher Weise die Unzahl von Telephon- und Telegraphendrähten ausgesetzt sind. Man sieht daher auch stets ein Aufgebot von Arbeitskräften mit der Revision und Instandhaltung dieser Leitungen beschäftigt; leider sind diese Truppen oft die Ursache gerade von Störungen im Wasserstandszeigerbetrieb. So oft nämlich Verlegungen von Telegraphenleitungen vorgenommen werden, selbst wenn die Wasserstandslinie ihre eigene Trace auf besonderen Masten geht, kommt (bei Kreuzungen z. B.) vorübergehend ein Telegraphendraht quer auf die beiden Wasserstandsleitungen zu liegen und die Folge ist eine Unordnung im Zeigerapparat. Diese Zwischenfälle sind unvermeidlich und für den Wasserwerksbetrieb dann ohne Belang, wenn von seiten der Telegraphen- etc. Behörden über die beabsichtigten Leitungsarbeiten eine vorherige Verständigung mit dem Wasserwerkspersonal erfolgt.

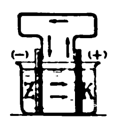


Fig. 728. Stromfluß in einem galvanischen Element.

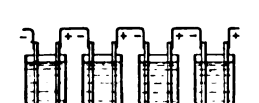


Fig. 729. Galvanische Batterie aus vier Elementen.

6. Die Batterien zum Betriebe der Wasserstandszeigerwerke. Es gibt eine ganze Reihe von galvanischen Elementen, aus denen eine Batterie zusammengestellt ist; die am meisten gebräuchlichen sind:

Fig. 726. Das Meidinger-Element, bestehend aus einem Standglas mit Bittersalzlösung, in der ein Zinkzylinder sich befindet, einem kleineren Glas am Boden des Standglases mit eingesetztem Kupferzylinder und einem oberen Glasballon, der mit Kupfervitriol gefüllt ist, unten eine kleine Öffnung hat und durch diese die Bittersalzlösung aus dem Standglas zu den Kupfervitriolkristallen gelangen läßt. Vom Zinkzylinder und vom Kupferzylinder geht je ein Draht mit Klemmschraube aus dem Glas herauf, die beiden Pole (+) und (—) bildend.

Fig. 727. Das Leclanché-Element, bestehend aus einem Standglas mit Salmiaklösung, in der ein Zinkstab mit (—) Polklemme sich befindet, einem Braunsteinkohlenzylinder mit Kohlenklemme für den (+) Pol und aus einer Porzellanrinne, die mit Gummibändern um den Kohlenzylinder anschließt um den (—) Zinkstab von der (+) Kohle zu isolieren. Die elektromotorische Kraft jedes der beiden Elemente ist etwa 1 Volt.

In Fig. 728 soll noch kurz der Vorgang in einem Element gezeigt werden, wenn die beiden Pole (Enden) der verschiedenen Metalle: Kupfer-Zink, Kohle-Zink u. a. miteinander durch einen Draht verbunden sind. Man ist übereingekommen, den aus dem Element beim Kupferpol herauskommenden galvanischen Strom als positiv (+) anzunehmen; er fließt durch den Draht nach dem (—) Zinkpol und vom Zink als negativer Strom durch die Flüssigkeit wieder zum Kupfer. Dauernd aufrecht erhalten wird der Strom durch die sogenannte elektrische Scheidungskraft,

die an den beiden Metallen Veränderungen hervorruft durch Auflösen, Abbröckeln u. s. w., die eben dadurch geschwächt wird, und zwar umso heftiger, je stärker der Strom ist (d. h. je mehr solcher einzelner Elemente zu einer Batterie hintereinandergeschaltet sind, wie Fig. 729 zeigt, die viermal stärker ist als ein einzelnes Element) und je länger der Strom entnommen wird, woraus für die Wasserstandsbatterien die Regel folgt: jede Batterie muß in gewissen Zeiten erneuert und daher des öfteren revidiert werden. Die Batterien werden in den meisten Fällen in einem Schrank aufgestellt, wo sie vor Berührung durch Unberufene und vor Staub geschützt sind.

Aus der Eigenschaft der Elemente, daß sie mit der Zeit an Stärke abnehmen, ergibt sich auch ein Hinweis auf die Wahl des Systems der stromverbrauchenden Apparate; man wird jenen Apparat vorziehen, der weniger Strom verbraucht, weil dann die Batterie seltener erneuert werden muß. Dies bringt nicht nur Ersparnisse mit sich, sondern den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß etwaige Hindernisse in den Mechanismen der Zeigerwerke von einer länger kräftig bleibenden Batterie auch dauernd länger überwunden werden, also Störungen weniger oft eintreten als bei einer sich früher erschöpfenden Batterie. So werden z. B. dünne Beläge von Staub auf den Kontakten, Magneten und Ankern, die die Wirkung des elektrischen Stromes abschwächen, von starken Strömen leichter durchdrungen als von schwachen; ebenso werden die Federwirkungen an den Ankern A (s. Fig. 724) leichter bezwungen u. dgl.

7. Material und Dimensionierung der Freileitungen. Die Leitung soll möglichst wenig Widerstand bieten; man wird daher möglichst kurze starke Leitungen wählen aus einem Material, welches bei genügender Festigkeit eine hohe Leitungsfähigkeit besitzt. Am besten hat sich bis jetzt Siliziumbronzedraht bewährt, der eine Zugfestigkeit von 80 Kilogramm pro Quadratmillimeter besitzt; sodann Patentgußstahldraht, dessen Festigkeit höher, aber dessen Leitungsfähigkeit schlechter ist; endlich Bimetall- oder Doppelmetalldraht, d. i. reiner Kupferdraht mit Stahlseele, der etwas niederere Festigkeit aber viel höhere Leitungsfähigkeit infolge des verwendeten reinen Kupfers besitzt. Leider hält der über den Stahldraht gezogene Kupfermantel nicht auf die Dauer; er platzt im Laufe der Zeit an verschiedenen Stellen auf und bei Eintreten von Feuchtigkeit oxydieren die Drähte, wodurch die Festigkeit bedeutend leidet. Die Kosten pro Kilometer fertig verlegter Doppelfreileitung einschließlich der Maste in Entfernungen von ca. 50 Meter voneinander betragen bei Siliziumbronzedraht, 1,5 Millimeter stark, rund 600 Mark, bei Patentgußstahldraht, 2,2 Millimeter stark, rund 500 Mark. Statt Doppelleitungen nur einfache Leitungen zu verlegen, ist, obwohl nach Umänderung an den Apparaten ausführbar, nicht zu empfehlen, da der Einfluß der atmosphärischen Elektrizität hier weit störender wirkt. Der zweite Draht dient nämlich als Blitzableiter, wenn der erste Draht eben Kontaktschluß hat, also für das Zeigerwerk dienstbar ist; diese Funktion darf nicht gestört werden, andernfalls geht der Zeiger unrichtig.

Die Freileitungen, welche nur positiven Strom führen und gegen die Erde auf Porzellanglocken genügend isoliert sind, bieten für den Wasserwerksbeamten außer den unter 5 genannten Ursachen meist wenig Anlaß zu besonderer Aufmerksamkeit; umsomehr sind die Leitungen im Inneren der durchfahrenen Räume (der Reservoirkammern, Maschinenhäuser, Wärterzimmer u. dgl.) in steter Aufsicht zu halten, damit sie, soweit sie blank verlegt sind, nirgends mit Eisen, feuchtem Mauerwerk, überhaupt mit keinem Elektrizitätsleiter in Berührung geraten. Soviel als tunlich sind zum Schutze dieser innen verlegten Leitungen entweder gewöhnliche Kabel, (Drähte mit Guttaperchaüberzug und mit asphaltierten Hanfbändern überwunden) oder, da wo mechanische Verletzungen befürchtet werden, eisenarmierte Kabel (Drähte mit Guttaperchaadern und einer Armatur aus verzinkten runden Eisendrähten mit Guttaperchaüberzug und darüber gewundenen asphaltierten Hanfbändern), oder endlich für unterirdische Leitungen Bleikabel (Drähte mit imprägnierter Faserisolation, doppeltem Bleimantel und über diesem Guttapercha mit asphaltierten Hanfbändern) zu verwenden. Im Inneren von trockenen Räumen genügen in der Regel die bekannten vielfarbigen asphaltierten Drähte, wie sie bei Hausleitungen der elektrischen Beleuchtungen oder Klingeln zur Verwendung gelangen; es sind dies Kupferdrähte, mit farbiger Baumwolle dreifach umsponnen.

8. Unter den verschiedenen Systemen von elektrischen Wasserstandszeigern sind im allgemeinen drei Arten zu unterscheiden.

Die erste, älteste Konstruktion, welche in weitaus den meisten Wasserwerken eingerichtet ist, baut sich nach dem Schema der Fig. 724 in außerordentlich verschiedenen Variationen auf; es sind dies die sogenannten „Dauer-“ oder „Schleifkontaktwerke“, deren wesentlichstes Merkmal darin liegt, daß während der ganzen Dauer einer Berührung der beiden Kontakte, solange diese also übereinander schleifen, sei es bei stillstehendem oder in äußerst geringen Grenzen schwankendem Wasserstande, vom Strom durchflossen werden, daher verhältnismäßig viel Strom verbrauchen. Für diese Schleifkontakte sind deshalb nachhaltigere Batterien nötig, wozu sich die Meidinger-Elemente Fig. 726 besonders eignen.

Die zweite neuere Konstruktion vermeidet diesen Dauerkontakt, indem durch einen eigenartigen Mechanismus im Kontaktwerk die Schwimmerbewegungen von 5 zu 5 Zentimeter Wasserspiegeldifferenz jeweils nur dazu benutzt werden, eine (+) positiv geladene Metallfeder zu spannen, die, wenn der Schwimmer genau 5 Zentimeter Weg zurückgelegt hat, ausgelöst wird und im Zusammenziehen mit großer Geschwindigkeit auf den negativen (—) Kontaktpunkt trifft. Die Dauer dieser Einwirkung ist momentan, daher dieses System den Namen „Momentkontakt" trägt. Bei dem Momentkontakt ist der Stromverbrauch wesentlich geringer; es genügen hierzu die billigeren Leclanché-Elemente der Fig. 727, die auch in der Unterhaltung einfacher sind. Im Durchschnitt kann 1 Kilometer einfacher Leitung mit vier bis fünf Elementen, die zu einer Batterie hintereinander geschaltet sind und daher vier bis fünf Volt Spannung besitzen, betrieben werden.

In neuerer Zeit verwendet man statt der Batterien vielfach den elektrischen Starkstrom als Stromquelle zum Betrieb der elektrischen Wasserstandszeiger; hierbei wird an den Apparaten nichts geändert, nur wird in die Stromzuleitung kurz vor Eintritt in das Zeigerwerk eine Glühlampe eingeschaltet, die die hohe Spannung (meist 120 Volt) auf die Linienspannung (4 bis 5 Volt) herabmindert. Die Auswahl der Glühlampe muß natürlich dem Elektrotechniker überlassen werden; eine zu schwache Lampe läßt den Starkstrom ungebrochen in die elektrischen Apparate, und die nächste Folge ist ein Abschmelzen und Verbrennen der feinen Isolationen an den Elektromagneten der Zeigerwerke. Der Starkstromverbrauch ist unmeßbar gering und wird von den Elektrizitätswerken nach vorheriger Anzeige gar nicht berechnet; dadurch fallen nicht nur die Betriebskosten, sondern auch alle oben erwähnten Übelstände mit den Batterien weg. Die beiden genannten Systeme, Schleif- und Momentkontaktwerke sind von den meisten elektrotechnischen Firmen zu beziehen.

Das dritte System der elektrischen Wasserstandsanzeiger gehört der neuesten Zeit an und wird unter dem Namen Drehfeldfernzeiger von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin gebaut. Es beruht nach Fig. 730 in der Hauptsache darauf, daß der Schwimmer S einen Schleifhebel H, der den Betriebsstrom (Gleichstrom) bei + und — zuführt, über einen ringförmigen Widerstand W bewegt, an welchem, um 120 Grad versetzt, drei Leitungen L angeschlossen sind. Dieser Apparat heißt der Geber. Der zugeführte Strom wird nun je nach der Stellung des Hebels in den drei Leitungen nach Größe und Richtung verteilt und zur Endstation, wo der Empfänger ist, geleitet. Dieser besteht aus drei (oder einem Mehrfachen dieser Zahl) Spulen, welche, um 120 Grad versetzt, um eine als Zeiger ausgebildete Magnetnadel gruppiert sind und entsprechend der Stromverteilung der Magnetnadel eine der Stellung des Hebels gleiche Lage geben. Näheres hierüber in [5]. Die Details der drei hier aufgeführten Systeme werden unter B besprochen.

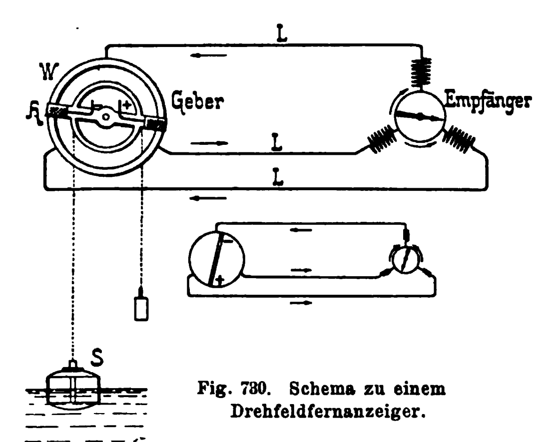


Fig. 730. Schema zu einem Drehfeldfernanzeiger.

9. Telephonanlage mit Wasserstandsfernmelder kombiniert. Ohne große Kosten kann man mit den elektrischen Wasserstandszeigereinrichtungen auch die eingangs erwähnte Telephoneinrichtung verbinden; es ist seit einem Jahrzehnt gelungen, auf den Wasserstandslinien zu sprechen, ohne das Kontakt- oder Zeigerwerk zu stören. Man hat also nur die Kosten für die telephonischen Apparate und allenfalls eine Verstärkung der Batterie für den Anruf eines deutlichen Glockenzeichens auf dem Hochbehälter aufzuwenden. Der Anruf vom Hochbehälter aus geschieht durch einen Druckknopf, der in der Beobachtungsstation die Alarmglocke zum Ertönen bringt. Sind mehrere Stationen telephonisch untereinander in Verkehr zu bringen und will nicht für jede Station ein ständiges Telephon beschafft werden, so genügt es, wenn die Hauptstation mit den erforderlichen ständigen Apparaten ausgerüstet wird, dem Personal aber ein in Ledertasche tragbares Telephon mit Einsteckstöpsel zur Verfügung steht, das an den anderen Stationen jeweils mit dem Stöpsel an die Leitung angeschlossen und wieder entfernt werden kann. Mit einem Druckknopf, der die Alarmglocke der Hauptstation betätigt, muß indes jeder der entfernten Orte versehen sein, damit das Personal auf der Strecke sich am Orte als „angekommen" melden kann.

Über das Verlegen der Leitungsdrähte mit den Röhren s. [17].

Werden die im vorstehenden erörterten Gesichtspunkte genügend beachtet und herrscht bei Beaufsichtigung und Instandhaltung der Apparate die nötige Sorgfalt, so

dürfte der überaus wichtige Zweck der elektrischen Wasserstandsfernmelder heutzutage allgemein recht wohl erreicht werden können. Es ist nicht anzunehmen, daß diese Einrichtungen, die mit den bewährten und sicher arbeitenden Telegraphen- und Telephoneinrichtungen im wesentlichen übereinstimmen, nicht auch wie diese zu tadellosem Betriebe gebracht werden können.

B. Details der elektrischen Wasserstandszeiger. Um einen Einblick in die verschiedenen Spezialeinrichtungen an Wasserstandszeigern zu geben, sollen im folgenden besprochen werden: 1. Alarmvorrichtungen zur Anzeige der zulässigen Maxima und Minima von Wasserständen; 2. Kontaktwerke einfachster Art in Verbindung mit Pegeluhren; 3. an die Kontaktwerke angeschlossene Fernmeldeeinrichtungen; 4. Registriervorrichtungen; 5. Momentkontaktwerke; 6. Wasserstandsfernmelder nach dem Drehfeldfernzeigersystem. Indem wir darauf hinweisen, daß zahlreiche ähnliche und auch andere Einrichtungen in großer Auswahl aus den Katalogen der bedeutenderen elektrotechnischen Etablissements ersehen werden können, sei noch bemerkt, daß die besseren Geschäfte dieser Art auch weitergehenden Wünschen Rechnung zu tragen vermögen. Wir empfehlen nochmals, in der Praxis sich nur mit ganz hervorragenden Firmen einzulassen, denn nur dann hat man die Gewähr für korrekte Einrichtungen. Die Vergebung an den Wenigstnehmenden ist hier ganz verfehlt. Die Instandhaltung der Apparate, die ohne Ausnahme der Natur der Sache nach sehr empfindlich sind, darf nur Sachverständigen anvertraut werden; Abweichungen von diesen Regeln werden stets von unerwünschten Erfahrungen begleitet sein.

1. Alarmsignale. Handelt es sich nur darum, den höchsten Wasserstand eines Behälters nach einer entfernten Beobachtungsstation zu melden, so genügt ein nach Fig. 731 angeordneter Kontakt, der durch die Schwimmerstange betätigt wird, sobald beim Emporsteigen des Schwimmers die Kontaktplatte an die beiden stromführenden Lamellen (in der Figur rechts oben) streift, die mit den Leitungen verbunden sind. Bei der Berührung der Platte mit den beiden Kontaktstreifen wird der Stromkreis einer Batterie, die in der Beobachtungsstation aufgestellt ist, geschlossen, und der Strom erregt ein elektrisches Läutwerk in der Beobachtungsstation, welches so lange ertönt, bis der Wasserspiegel im Behälter wieder um so viel gesunken ist, daß die Berührung der beiden Lamellen durch die mit dem Schwimmer sinkende Platte aufhört. Der Schwimmer wird in einem Schwimmerrohr, das entweder direkt im Behälter steht oder mit diesem nur durch eine Rohrleitung kommuniziert, geführt, wie bereits in den Fig. 711, 713, 714 u. 717 gezeigt wurde.


Fig. 731. Alarmsignalkontakt.

Die eben beschriebene Kontaktvorrichtung läßt sich auch in geeigneter Weise mit dem Kontaktwerk einer Zeigervorrichtung der Fig. 724 kombinieren. Mag das Zeigerwerk einen richtigen oder, falls es gestört wurde, einen unrichtigen Stand angeben: immer ist der Beobachter beim Ertönen des ausgelösten Glockensignals in der Lage, die Zeigerstellung zu kontrollieren und mittels einer unten (s. Fig. 735) beschriebenen Vorrichtung zu korrigieren. Die Alarmvorrichtung kann ohne besondere Schwierigkeit an jedem vorhandenen elektrischen Wasserstandszeigerwerk angebracht werden. Der „Alarm" kann auch für den tiefsten, in einem Behälter noch zu gestattenden Wasserstand in etwas anderer Anordnung eingerichtet werden; das Glockensignal für den tiefsten Wasserstand erhält dann einen vom höchsten „Wasserstand" deutlich zu unterscheidenden „tieferen" Ton. In der Regel wird aber nur der höchste Wasserstand mit Alarm versehen, da er, wie es bei den Wasserversorgungen mit künstlicher Förderung immer der Fall ist, dem Maschinenpersonal das Zeichen gibt, den Betrieb einzustellen. Die Einjustierung des Kontaktes wird im übrigen so vorgenommen, daß das Alarmzeichen ertönt, sobald der Wasserspiegel noch in einer bestimmten Tiefe unter dem Übereich steht (meist 10 bis 20 Zentimeter bis Übereich) damit der Betrieb nicht sofort unterbrochen werden muß, falls dies wegen verschiedener Umstände gefährlich oder untunlich wäre (z. B. zu hohe Dampfspannung im Dampfkessel, die sich beim Abstellen der Maschine in störender Weise durch die Sicherheitsventile Luft macht). Würde das Alarmzeichen erst mit Eintritt des Übereiches gegeben, so entstände daraus jedesmal ein Verlust an Förderwasser.

Das Alarmsignal kann auch so eingerichtet werden (was bei Kontaktwerken sehr leicht an der Schwimmerkette oder -stange einzurichten ist), daß bei Eintritt des höchsten Wasserstandes

erstmals das Glockenzeichen ertönt, aber nur auf sehr kurze Zeit; nachdem hierauf der Wasserstand noch um einige Zentimeter gestiegen, dann nach Einstellung des Betriebes stillgestanden und später wieder um einige Zentimeter gefallen ist, ertönt dasselbe Glockenzeichen abermals, wieder nur auf kurze Zeit. Dies bietet eine vollständigere Kontrolle über die Zuverlässigkeit der elektrischen Kontakteinrichtung und sodann die Möglichkeit, falls ein Zeigerwerk vorhanden ist, dasselbe genau einzustellen; auch gibt es dem Wärter ein Bild von dem Verbrauch des Wassers zu der betreffenden Zeit.

Bei Zeigerwerken, die an den beiden Leitungslinien nur (+) elektrischen Strom führen, geschieht die Alarmkontaktgebung in der Regel so, daß mittels einer am Schwimmerband oder an der Kette befestigten scharfen metallischen Nase N (s. Schema der Fig. 732) zugleich beide Linien miteinander und durch die Kette K auch mit der Erde leitend verbunden werden. Es fließt dann durch beide Linien L Strom; demzufolge werden beide Elektromagnete im Zeigerwerk der Beobachtungsstation erregt, wie oben bereits ausgeführt, und es wird dadurch der Zeiger gleich stark nach links und nach rechts abgelenkt, d. h. das Zeigerwerk wird nicht beeinflußt, es bleibt stehen, aber das in den Stromkreis eingeschaltete Klingelwerk ertönt.

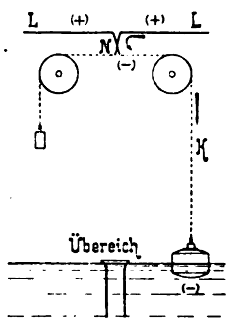


Fig. 732. Schema zu einem Doppelalarmkontakt.

Manchmal ist es erwünscht, einiges Wasser über das Übereich des Behälters laufen zu lassen, weil damit auf der Oberfläche schwimmende Staubteilchen u. dgl. abgeführt werden können; es ist dies nach eingetretenem ersten Alarmzeichen unter Beobachtung des richtig gestellten Wasserstandszeigerwerks ohne weiteres möglich, denn wenn der Wasserspiegel im Behälter um 10 bezw. 20 Zentimeter gestiegen ist, so hat auch der Zeiger 10 bis 20 Zentimeter mehr angezeigt, hierauf erfolgt Entleerung des geförderten Quantums (abzüglich des gleichzeitig stattfindenden Verbrauches) durch das Übereichrohr, und solange diese Entleerung dauert, nimmt der Wasserstand im Behälter weder zu noch ab. Es wird also auch der Zeigerstand stets der gleiche bleiben, ja es kann sogar dieser Stillstand des Zeigers zur Berechnung des etwa übergeflossenen Wasserquantums benutzt werden, wenn die Förderung bekannt ist [18].

2. Kontaktwerke mit Pegeleinrichtungen. Soll in einem Hochbehälter die Wasserstandshöhe nach außen sichtbar gemacht werden, so läßt sich das vom Schwimmer betriebene Kontaktwerk der elektrischen Wasserstandszeigereinrichtung in einfacher Weise mit einem Zeigerwerk oder Pegel an Ort und Stelle vereinigen, wie Fig. 733 zeigt, die mit den Figuren 734 bis 737 dem Katalog der elektrotechnischen Fabrik von C. u. E. Fein in Stuttgart entnommen ist. Auf Konsolträgern sitzt das eingekapselte Kontaktwerk Fig. 733, das mittels gelochten Metallbands (aus vernickeltem Stahl oder besser aus Neusilber) und der Bandscheibe, die mit vorspringenden Zapfen entsprechend der Lochung des Bandes versehen ist, durch den steigenden oder sinkenden Schwimmer bei S bezw. durch das Gegengewicht bei G betrieben wird. Die vorspringenden Zapfen am Umfang der Bandscheibe nehmen durch Eingriff in die Löcher des Metallbandes dieses sicher mit; ohne diesen Eingriff, bei glattem Umfang und nicht gelochtem Band, würde ein Schleifen des Bandes bei betauter Bandscheibe und damit unrichtiges Kontaktgeben stattfinden. Die Teilung der Löcher ist 5 Zentimeter. Durch eine geeignete Räderübersetzung von der Achse der Bandscheibe aus wird der Zeiger des Pegels getrieben, der über einer Zeigerskala von 540 Millimeter Durchmesser sich bewegt. Da nur etwa $^3/_4$ des Umfanges für die Skala benutzt werden, so beträgt die eingeteilte Länge $^3/_4 \cdot 3{,}14 \cdot 540 =$ rd. 1200 Millimeter. Ein Teilstrich zeigt je 5 Zentimeter Wasserstandshöhe; bei dem Zifferblatt der Fig. 733 mit 4 Meter höchstem Wasserstand sind demnach $400:5 = 80$ Teilstriche auf 1200 Millimeter verteilt, somit der Zwischenraum zweier Striche $1200:80 = 15$ Millimeter und es entfällt für 1 Zentimeter Wasserstand $15:5 = 3$ Millimeter Skalalänge, die sich noch gut abschätzen lassen.





Fig. 733. Kontaktwerk mit Pegel im Hochbehälter.



Fig. 734. Zeigerwerk in der Beobachtungsstation.

Das Pegelwerk geht kontinuierlich mit dem Schwimmer; das innen liegende elektrische Kontaktwerk jedoch gibt nur von 5 zu 5 Zentimeter der Wasserstandsschwankungen einen Kontakt, indem die Kontaktstifte (vgl. Fig. 724) entsprechend den 5 Zentimeter weit auseinander stehenden vorspringenden Zapfen der Bandscheibe auch auf dem Kontaktrad von 5 zu 5 Zentimeter verteilt sind, so daß also bei jedem Ein- oder Austauchen des Bandes um ein Loch je ein Kontaktschluß entsteht. Bei anderen Wassertiefen als 4 Meter ist die Skala entsprechend anders zu teilen.

3. Fernmeldeeinrichtung. Fig. 734 stellt das Zeigerwerk zu elektrischen Wasserstandsfernmeldern dar. Die in den Reservoiren von einem Kontaktwerk der nach Fig. 733 beschriebenen Anordnung entsendeten Stromimpulse werden durch die Freileitungen, welche bei den Klemmen *1* und *2* der Fig. 734 innerhalb des Gehäuses eines Zeigerwerks der Pumpstation oder des Betriebsbureaus angeschlossen sind, den darin befindlichen Elektromagneten *E* übermittelt. In der Figur ist nur der rechtseitige zu sehen; der linkseitige liegt verdeckt durch das Zifferblatt symmetrisch zu dem ersten. Die dritte der oben sichtbaren Klemmen dient zum Anschluß einer Leitung für die Alarmglocke, die in der Regel unweit des Zeigerwerkes montiert wird. Die Skala des Zeigerwerkes ist bedeutend kleiner als diejenige des Kontaktwerkes; sie hat nur 260 Millimeter Durchmesser, weil einmal das Zifferblatt in beliebiger Nähe des Beobachters aufgestellt werden kann und weil ferner der Zeiger hier nicht stetig, sondern sprungweise (je bei einem Kontaktschluß um einen Strich der Skala vor- oder rückwärts) geht. Das auf Konsolen ruhende Gehäuse ist auf der Vorderseite mit Glas bedeckt, an den übrigen Seiten staubdicht mit Blech verkleidet. Der feine Mechanismus des Zeigerwerks ist hie und da mittels Blasebalgs und Pinsels von Staub zu reinigen, der bekanntlich trotz des Verschlusses überall eindringt. Dies besorgen in der Regel gelegentlich Auffüllung oder Erneuerung der Batterien die mit der Instandhaltung der Apparate betrauten Fachleute; es ist nicht ratsam, ungeübte Hände an diese Uhrwerke zu lassen.



Fig. 735. Doppeltaster zur Einstellung des Zeigerwerkes.

Zur Einstellung auf den richtigen Wasserstand dient ein besonderer Doppeltaster, Fig. 735, der direkt unter der Skala befestigt wird. Beim Niederdrücken des rechtseitigen Druckknopfes wird ein Stromimpuls von der angeschlossenen Batterie dem rechtseitigen Elektromagneten erteilt, der den Zeiger auf der Skala je um einen Teilstrich in der Pfeilrichtung vorwärts bewegt; der linkseitige Druckknopf dient zum Zurückbewegen des Zeigers. Hat zufällig das Kontaktwerk im Hochbehälter einen Kontaktschluß bewirkt, so kann während der Dauer dieses Kontakts der betreffende Knopf nicht die ihm zugedachte Funktion ausführen, da der zugehörige Elektromagnet seinen Anker (in der Fig. 734 mit *a* bezeichnet) bereits festhält. Man wartet dann so lange, bis der Kontakt den Anker freigibt, was man deutlich hörbar vernimmt.

4. Registriervorrichtungen. Fig. 736 stellt ein Zeigerwerk mit Registriervorrichtung dar. Sollen Wasserstände, z. B. von Flüssen, Seen u. a. nicht nur abgelesen, sondern auch aufgezeichnet werden, so dienen zu diesem Zweck die mit einer Registriervorrichtung kombinierten Zeigerwerke, bei denen der Kontaktschluß zugleich mit dem Zeiger auch einen Schreibstift vor- oder zurückschaltet und hierbei auf ein vorgedrucktes Formular niederdrückt. Die Bewegung für die Höhen der Wasserstände ist hier eine lineare; die vorgedruckten Linien hierfür bilden die Ordinaten eines Koordinatensystems, dessen Abszissen die einzelnen Zeitabschnitte sind. Das Formular wird alle Tage zu einer bestimmten Stunde ausgewechselt und befindet sich während des Betriebes auf einer gleichmäßig sich drehenden Metalltrommel, deren Drehung entweder durch ein selbständiges Uhrwerk oder durch einen besonderen Elektromagneten bewirkt wird, der mit einer Uhr in Verbindung steht, welche alle 15 Minuten einen Strom durch denselben senden läßt, indem sie ein kleines Laufwerk auslöst, das ähnlich einem Uhrschlagwerk beschaffen ist. In Fig. 737 ist ein Papierformular mit eingezeichneter Wasserstandskurve abgebildet. Die Skala entspricht



Fig. 736. Zeigerwerk mit Registrierung.

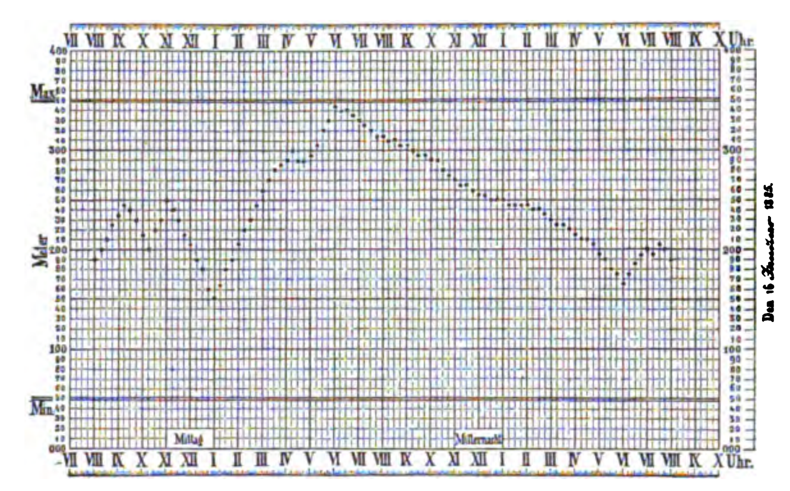


Fig. 737. Diagramm eines registrierenden Zeigerwerkes.

dem Kontakt- und dem Zeigerwerk der vorhergegangenen Figuren mit vier Meter Wasserstandshöhe. Die Reduktion der Höhenskala, d. i. der horizontalen Linienschar, ist eine 20fache; es gibt also je ein Kontaktschluß von fünf Zentimeter Wasserspiegeldifferenz 50 : 20 = 2,5 Millimeter Höhendifferenz in der Skala. An der oberen und unteren Seite sind die Tages- und Nachtstunden in römischen Ziffern aufgedruckt und es haben die einzelnen senkrechten Zeitlinien, welche einer Zeitdauer von 15 Minuten entsprechen, einen Zwischenraum von drei Millimeter. Gleichmäßiger Wasserstand (bezw. Wasserverbrauch) spricht sich in der Kurve in horizontal nahe aneinander liegenden oder sanft geneigten engen Punktreihen aus, stark wechselnde Stände durch weit auseinander gezogene Zwischenräume, wie in den Zeiten zwischen 6 Uhr abends und 5 Uhr morgens gegenüber 10 Uhr morgens und 2 Uhr mittags eine Papierskala vom 16. Januar 1885 erkennen läßt.

5. Momentkontaktwerke. In Fig. 738 ist ein Momentkontaktwerk von R. Bosch, Stuttgart, D. R.-P. Nr. 62 976 abgebildet. Die Figur zeigt das Innere eines solchen Kontaktwerks, das in einem staubdicht verschlossenen Kastengehäuse ähnlich wie das der Fig. 733 zur Aufstellung gelangt. Die Schwimmerkette bewegt hier ein Kettenrad *K* mit einzelnen Zähnen und durch die Räderübersetzung *BC* eine Kurbelscheibe *D*, an deren Kurbelzapfen *d* eine Spiralfeder *E* zieht. In der gezeichneten Lage befindet sich der Kurbelzapfen *d* in seiner tiefsten Stellung; durch die Kettenbewegung gerät er nach und nach in die höchste Stellung, von welcher ihn die unterdessen gespannte Spiralfeder *E* plötzlich nach unten reißt. Die Kurbelscheibe *D* hat hierbei die Verkupplung mit dem zweiten Zahnrad *C* gelöst, bis sie wieder in Ruhe ist. Durch die schnelle Drehung wurde ein senkrecht über der Kurbelscheibe *D* hängendes Kugelpendel *G* von den nach vorn und nach hinten zugeschärften Schleifflächen *f F* der Scheibe je nach der Drehrichtung vor- oder rückwärts geschwungen, dadurch am oberen Pendelarm einer der beiden Kontakte *H* berührt und somit ein nur „momentaner" Stromimpuls in die anschließende Leitung geschickt.

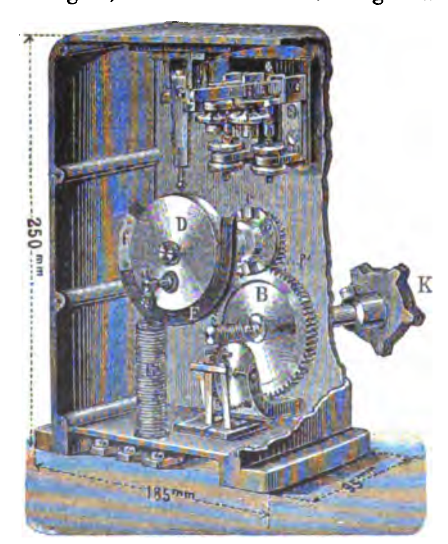


Fig. 738. Momentkontaktwerk Bosch.

Die Unterbringung der seither erörterten Kontaktwerke kann in der Regel leicht erfolgen, da sie nicht viel Raum erfordert. Fig. 739 gibt die am häufigsten beliebte Anordnung des Kontaktwerkes auf dem Ventilationsschacht eines kleineren Reservoirs mit zwei Kammern wieder, welche nur durch je einen Einsteigschacht zugänglich sind. Das Kontaktwerk ist in einem eisernen Kasten montiert, dessen Unterteil ringsum mit jalousieartigen Wänden versehen ist, um einesteils die Ventilation des Reservoirs zu ermöglichen, andernteils etwa aufsteigende Dämpfe durch die durchstreichende Luft zu vertreiben, damit das Kontaktwerk trocken bleibt. Das Schwimmerrohr, sowie das Muffenrohr für das Gegengewicht, das wegen des wechselnden Auftriebes nicht in das Wasser ein- und austauchen soll, sind an die Reservoirwand mit Rohrschellen befestigt, damit bei Reinigungsarbeiten ihre genau senkrechte Führungsrichtung durch die Hantierungen nicht gefährdet ist. Der Ventilationshut hat Türen, die sich nach allen Seiten öffnen lassen und durch die ein Bedienen des Kontakt- und Zeigerwerks möglich ist. Von der Dachspitze aus ragt ein Eisenrohr mit Isolatoren in die Höhe, durch das

die beiden Wasserstandslinien auf den nächsten Telegraphenmast geführt werden (vergl. Fig. 740). Die Blitzableitung geht vom Blitzschutzapparat im oberen Kastenteil an dem Mast durch den

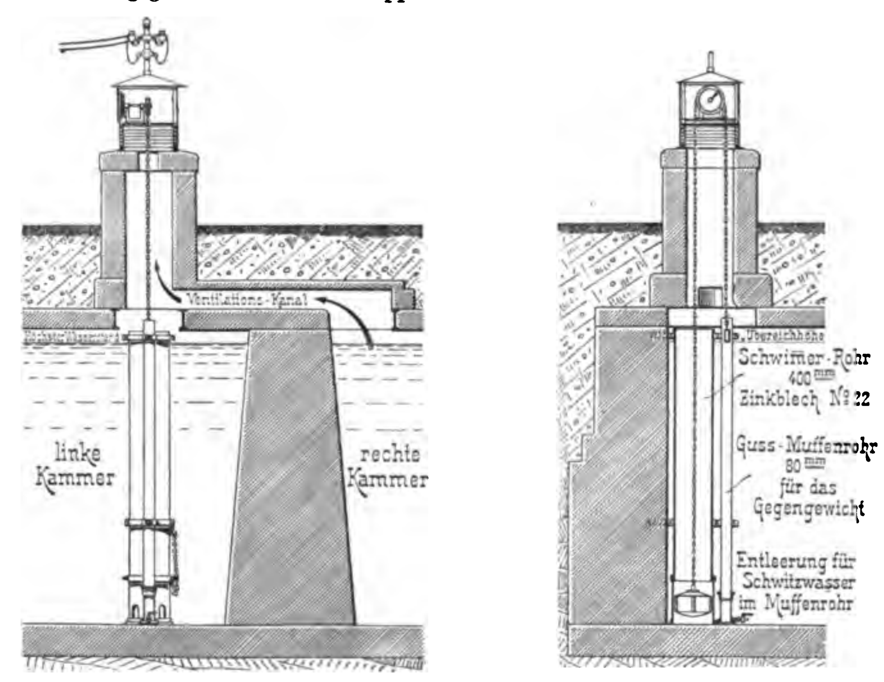


Fig. 739. Anordnung des Kontaktwerkes mit Pegeleinrichtung in einem Hochbehälter. M = 1 : 80.

Ventilationsschacht in das Innere des Reservoirs und hier, mit Klemmen an der Decke befestigt, herab an das erste Muffenrohr des Verteilungsleitungsstranges.

Hinsichtlich der Anlagekosten einer elektrischen Wasserstandszeigereinrichtung, wie sie bisher beschrieben wurden, kann überschläglich in Rechnung genommen werden, daß ein Kontaktwerk, ein Zeigerwerk mit Alarmvorrichtung für den höchsten Wasserstand, eine Telephoneinrichtung und die Freileitung bei einer Entfernung zwischen den beiden Stationen von 1 Kilometer, einschließlich allem Installations- und Isoliermaterial, den Masten und der gesamten Montage, alles betriebsfähig aufgestellt, zusammen etwa 1300 bis 1500 Mark kosten.

6. Wasserstandsfernmelder nach dem Drehfeldfernzeigersystem der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin. In dem Hochbehälter eines Wasserturms befindet sich (Fig. 741) die Schwimmereinrichtung mit Gegengewicht, das hier wegen des magnetischen Widerstands des Drehfeldsystems größer sein muß als bei den gewöhnlichen Kontaktwerken. Vom Geberapparat unter dem Turmdach gehen die Freileitungen herab in ein zur ebenen Erde belegenes Zeigerwerk oder nach einer anderen weiter entfernten Beobachtungsstation, die mit einer Batterie oder mit der Stromzuführung aus irgend einer anderen Stromquelle versehen ist. Da infolge der einfachen Anordnung des Systems, mangels vielgliedriger Mechanismen, Federn, Bolzen und Scharniere u. dgl. eine Störung in den Apparaten nicht zu befürchten ist, kann die Aufstellung des Gebers direkt über dem Wasserspiegel erfolgen.



Fig. 740. Verbindung des Kontaktwerkes von Fig. 739 mit der Freileitung.

Fig. 742 u. 743 zeigen den Geberapparat in zwei Ansichten mit Seilscheibe (das Schwimmerdrahtseil wird mehrmals umschlungen, um genügende Reibung am Umfang zu erzielen) und Rädervorgelege. Je nach der Wassertiefe ist der Seilscheibendurchmesser zu wählen. Das Gehäuse wird gewöhnlich mittels Winkelflansches an den Bord des eisernen Hochbehälters befestigt. Die Klemmen für die Einführung der nötigen Leitungsdrähte sind oben am Gehäuse angebracht, und zwar *I*, *II*, *III* für die Verbindungsleitung mit dem Empfänger, *S* für das Alarmsignal, — und + für die Zuführungen von der Stromquelle.

Fig. 741—745. Anordnung und Details von Drehfeldfernzeigern.

Fig. 741. Schema zur Aufstellung in einem Wasserturm.

Fig. 742 u. 743. Maßskizze des Gebers in Vorder- und Seitenansicht.

Fig. 744. Maßskizze des Empfängers.

Fig. 745. Maßskizze eines registrierenden Empfängers.

Alle Maße in Millimeter.

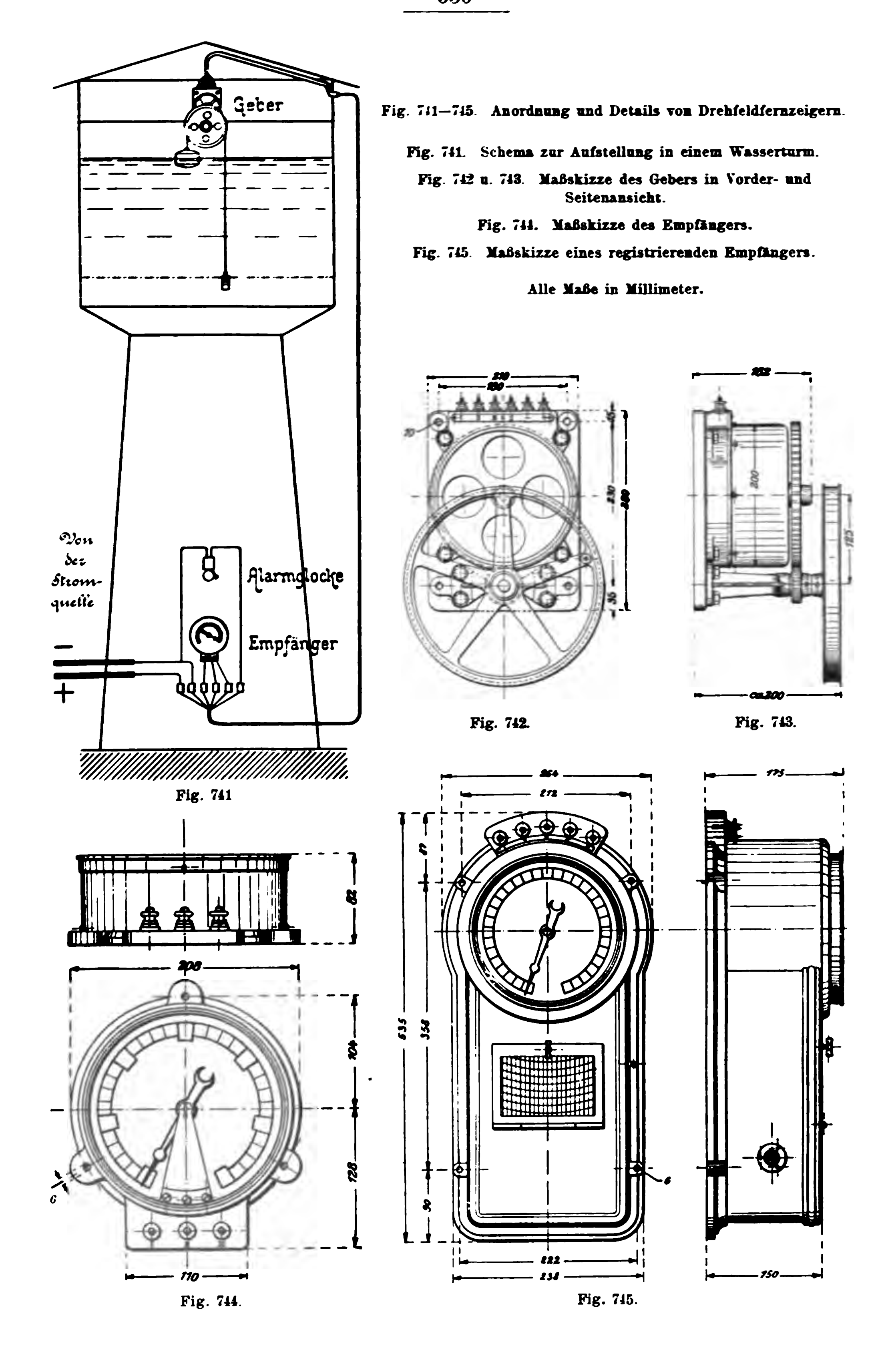


Fig. 741

Fig. 742.

Fig. 743.

Fig. 744.

Fig. 745.

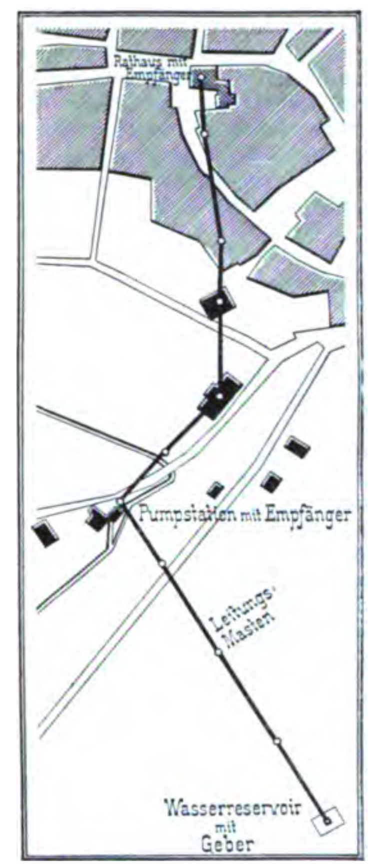


Fig. 746. Situationsplan der Drehfeldfernzeigeranlage Waldsee.

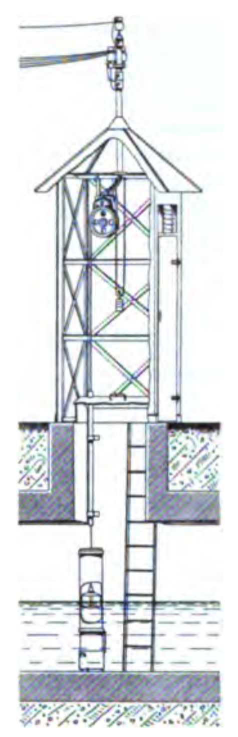


Fig. 747. Geberapparat im Reservoir Waldsee.



Fig. 748. Einsteighäuschen Waldsee.

In den Fig. 742 bis 745 sind Maßskizzen gezeigt, nach welchen die Drehfeldfernzeiger von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin angefertigt werden. Wie bereits bemerkt, richtet sich der Durchmesser der Seilscheibe bei dem Geber der Fig. 742 u. 743 nach der Höhe des zu meldenden Wasserstandes. Bei dem Empfänger der Fig. 744 sind für die Leitungen nur drei Klemmen vorgesehen, was für den Fall gilt, wenn die Stromquelle in der Nähe des Gebers (des Hochbehälters, Sees u. s. w.) gelegen ist, der alsdann sechs Klemmen hat, wie Fig. 742 erkennen läßt, und die bereits erwähnt wurden. Liegt die Stromquelle in der Nähe des Empfängers, wie die schematische Fig. 741 zeigt, dann erhält der Empfänger ebenfalls 6 Klemmen wie der Geber in Fig. 742.

Die Zeigerbewegungen des Drehfeldsystems können ebenso wie diejenigen des Kontaktsystems aufgezeichnet werden; dazu dienen die in Fig. 745 skizzierten registrierenden Empfänger. Der in der Mitte des Kastens sichtbare Papierstreifen, welcher alle 24 Stunden ausgewechselt werden muß, hat eine Lineatur für die Wasserstandshöhen, die in Kreisbögen um den Zeigermittelpunkt liegen, da der Schreibstift mit dem Zeiger von dem zentralen Drehpunkt des Ankers aus bewegt wird. Die senkrechten geraden Linien sind die Zeitteilungen. Der Papierstreifen wird hier nicht auf eine Trommel gelegt wie bei dem Registrierapparat der Fig. 736, sondern mittels Uhrwerks über zwei Leitrollen geführt, zwischen denen er in einem bandförmigen Rahmen festgeklemmt ist. Das Uhrwerk befindet sich in dem unteren Teile des Kastens und ist, wie aus der Seitenansicht Fig. 745 ersichtlich, ähnlich einer Spieluhr aufzuziehen.

Eine ausgeführte Wasserstandszeigeranlage für die städtische Wasserversorgung in Waldsee nach dem Drehfeldfernzeigersystem bringen die Fig. 746 bis 748 zur Darstellung. Diese Anlage wurde durch die Elektrizitätswerke Waldsee-Aulendorf ausgeführt, deren Motorenstation mittels Turbinen hochgespannten Drehstrom einige Kilometer von Aulendorf (Württemberg) entfernt erzeugt. Der hochgespannte Drehstrom wird nach Waldsee geleitet, dort in der Pumpstation, siehe Fig. 746 auf niedrig gespannten, 110 bezw. 220 Volt starken Gleichstrom umgeformt und sofort zum Betriebe des städtischen Pumpwerks (Elektromotor mit Riemen und Pumpe) benutzt. Die beiden Stromleitungen führen sodann nach dem ca. $2^1/_2$ Kilometer entfernten Walde, wo das Reservoir sich befindet und das ein einfaches Einsteighäuschen mit dem Geberapparat trägt, dessen Durchschnitt in Fig. 747 und dessen Ansicht mit der Lage im Walde und den Leitungsdrähten in Fig. 748 gezeigt ist. In der Pumpstation und in dem ca. 3 Kilometer entfernt im Städtchen liegenden Rathaus ist je ein Empfänger (Zeiger) aufgestellt, der die Wasserstände des Reservoirs

anzeigt. Anstatt der sonst üblichen Betriebsweise der Fernmeldeapparate durch eine Batterie wird der Zeigerapparat in Waldsee direkt durch Starkstrom gespeist, dessen Hauptvorteil darin liegt, daß durch Gewitter und sonstige atmosphärische Entladungen die Apparate nicht beeinflußt werden, weil für den Schutz des gesamten Leitungsnetzes in wirksamer Weise gesorgt ist; im Gegensatz zu anderen Fernmeldersystemen, wo ein Richtigstellen der Zeiger nach Gewittern selten vermieden werden kann. Die Leitungen vom Geberapparat zu den Empfängern sind mit Kupferdrähten von 6 Quadratmillimeter Querschnitt = 2,8 Millimeter Durchmesser ausgeführt, entsprechend 3 Kilometer Länge. Seit der Erstellung der Anlage im Oktober 1903 funktioniert dieselbe ohne jede Unterbrechung tadellos.

Literatur

über Wasserstandszeiger.

[1] Neuester elektrischer Wasserstandszeiger von Siemens & Halske. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 25 (1882), S. 322. — [2] Wasserstandsfernmelder. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1893, S. 475. — [3] Elektrischer Wasserstandsfernmelder. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 426. — [4] Hocheder, F., Elektrische Fernmeldeeinrichtung als Wasserstandsfernmelder. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 914. — [5] Über Drehfeldfernzeiger. Elektrotechnische Zeitschr. 1900, S. 602. — [6] Anschluß der Blitzableiter an die Gas- und Wasserleitungen. Elektrotechnischer Anzeiger 1900, S. 2191. — [7] Lindner, Der Blitzschutz. Leipzig 1901. — [8] Hillenbrand, Der hydraulische Wasserstandsfernmelder. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung 1901, S. 255. — [9] Brauer, Automatischer Wasserstandsfernschreiber System Parenthon. Österr. Wochenschr. für den öffentl. Baudienst 1901, S. 317. — [10] Über den Anschluß der Blitzableiter an Gas- und Wasserleitungsrohre. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 878 u. 1902, S. 4 u. 6. — [11] Anschluß der Blitzableiter an Gas- und Wasserrohrnetze. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 702. — [12] Bucerius, Verbesserung des Hillenbrandschen Wasserstandsfernmelders, um Druckschwankungen auszuschalten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 54. — [13] Lux, Ein neuer Wasserstandsfernzeiger, beruhend auf Frahms Geschwindigkeitsmesser. Journ. f. Gasbel u. Wasservers., 12. Aug. 1905. — [14] Pneumatischer Wasserstandsfernmelder. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 44 u. 288. — [15] Direkte Wasserförderung in das Stadtrohrnetz. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 64. — [16] Elektrische und hydraulische Wasserstandsfernmelder. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 288. — [17] Fernsprechkabel nach dem Pupinsystem in Kanalisations- und Wasserleitungsanlagen (in gemeinschaftlichem Rohrgraben mit den Röhren gleichzeitig verlegt). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 224. — [18] Registrierapparat für die von einer Pumpe geförderten Wassermengen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 253.

Deutsche Reichspatente

für Wasserstandsfernmelder.

Nr. 46 448. Kontaktwerk für elektrische Wasserstandszeiger. Spohr. — Nr. 47 744. Kontaktwerk für elektrische Wasserstandsfernmelder. Dupré. — Nr. 48 645. Kontaktwerk für Fernwasserstandszeiger. Döhlemann. — Nr. 48 812. Wasserstandszeiger für Hochdruck. Klotz. — Nr. 67 976. Instrument zum Messen von Wasserständen. Joselt. — Nr. 69 223. Elektrisch betriebene Schaltvorrichtung für Wasserstandsfernmelder. Bohmeyer. — Nr. 72 388. Elektrischer Wasserstandsfernmelder. Gabriel. — Nr. 73 661. Instrument zur Bestimmung vom Wasserspiegel in Bohrlöchern. Schrader. — Nr. 73 875. Elektrischer Wasserstandszeiger. Hildebrand. — Nr. 74 480. Grundwassermesser. Pieper. Zusatzpat. Nr. 78 885. — Nr. 110 672. Stromschlußwerk für Wasserstandszeiger u. dgl. mit sichelförmigen Stromschlußhebeln. Mix & Genest. — Nr. 121 037. Anschlußleitung für Apparate zum Aufzeichnen und Fernmelden des Wasserdrucks in Rohrleitungen. Luxsche Industriewerke. — Nr. 156 081. Wasserstandsmelder zur Fernanzeige in Hochreservoiren. — Nr. 160 958. Elektrischer Wasserstandsfernmelder für mehrere Stationen mit gemeinsamer Leitung an eine Zentrale. Burstyn. — Nr. 163678. Registrierapparat für die von einer Pumpe geförderten Wassermengen. Mehrhardt.

Grundwassertiefenmesser und Regenmesser. Zum Bestimmen der Wasserstände in Brunnen und Bohrlöchern können die Schwimmermessungen nur ausnahmsweise verwendet werden, und doch ist die genaue Kenntnis dieser Wasserstände in vielen Fällen von größter Bedeutung. Ebenso wichtig ist für hydrologische

Untersuchungen das Messen der niedergehenden Regenmengen und der gefrorenen Hydrometeore. Es sollen deshalb im folgenden zwei Vorrichtungen erwähnt werden, die den gedachten Zwecken dienen und bewährt sind; selbstverständlich gibt es außer diesen noch eine große Zahl anderer, wegen derer wir auf die Lehrbücher der Meteorologie und Hydrologie verweisen.

1. Grundwassertiefenmesser. Einen diesbezüglichen einfachen Apparat zeigt Fig. 749 in $^1/_3$ der natürlichen Größe; er besteht aus einer Anzahl kreisrunder Näpfchen, die in Abständen von je 1 Zentimeter über eine Metallstange gleichmäßig verteilt sind. An dem oberen Öhr wird ein Meßband (Bandmaß) befestigt und das Instrument in den Grundwasserspiegel eingetaucht; man fühlt am Meßband deutlich das Einsinken ins Wasser, da sich der Auftrieb durch eine Erleichterung des Instruments bemerklich macht. Bekanntlich ist mit Meßstangen oder an Loten der genaue Wasserspiegel in tieferen, dunklen Schachtlöchern von der Erdoberfläche aus nur schwer zu ermitteln; bei diesem Instrument zeigt der Abstand von dem obersten mit Wasser gefüllten Näpfchen bis hinauf zum Beobachtungspunkt die gesuchte Entfernung genau an, da nur diejenigen Näpfchen sich mit Wasser füllen, welche unter den Wasserspiegel gelangen. An diesem Tiefenmesser kann durch Einschrauben in das untere zugespitzte Ende ein Maximal- und Minimalthermometer angebracht und so die Wasserstandshöhe mit der jeweiligen Temperatur des Grundwassers zusammen festgestellt werden. Die Anfertigung dieses Instruments erfolgt in der Werkstätte für Präzisionsmechanik von G. Falter & Sohn in München, Kreuzstraße 33.

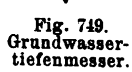


Fig. 749. Grundwassertiefenmesser.

Über einen Apparat zur Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen von Malméjac s. Journ. de Pharm. et de Chim. 1900, S. 271.

2. Regenmesser. In Fig. 750 ist ein Regenmesser (Konstruktion Hellmann-Walther) dargestellt. Er besteht aus einem Auffanggefäß von starkem Zinkblech mit einer oberen kreisrunden Öffnung von 159,5 Millimeter Durchmesser, entsprechend 200 Quadratzentimeter Fläche, in dessen unterer abnehmbarer Hälfte sich ein Sammelfläschchen mit Trichter befindet. Bei Regen oder Schneemessungen wird das aus dem Zugang erhaltene Wasser in ein graduiertes Meßglas (Mensur) geleert, aus dessen Angaben die Regenhöhe h in Millimeter sich ergibt zu $h = 10 \,.\, q : f$, wenn q die Regenmenge in der beobachteten Zeit in Gramm (Kubikzentimeter) und f die Auffangfläche des Gefäßes in Quadratzentimeter bedeutet. Z. B. bei 30 Gramm Wasser aus Regen oder Schnee ist $h = 10 \,.\, 30 : 200 = 1{,}5$ Millimeter Regenhöhe. Eine andere Konstruktion von Hellmann-Fueß registriert ähnlich wie die Zeigerwerke der Wasserstandsfernmelder mittels Schwimmers im Auffanggefäß die jeweilige Regenhöhe.

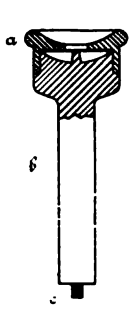


Fig. 751. Waterphon.

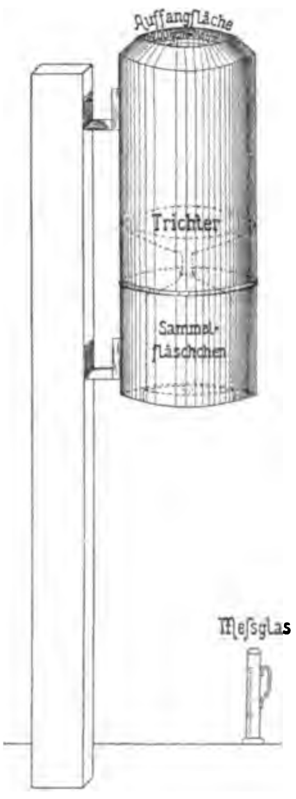


Fig. 750. Gewöhnlicher Regenmesser, Konstruktion Hellmann-Walther.

k) Wasserverlustanzeiger.

Die hierher gehörigen Apparate sind in der Hauptsache solche, welche in einer Leitung eine Wasserströmung und zugleich die Geschwindigkeit oder Wassermenge angeben, eine Eigenschaft, die sie mit den Wassermessern gemeinsam haben. Es sind daher bei den Wassermessern § 60 schon diesbezügliche Angaben erfolgt; vergl. z. B. Fig. 544, S. 385. Im übrigen verweisen wir auf die Literatur auf S. 540.

Im folgenden soll nur ein Apparat zur Besprechung gelangen, das sogen. Waterphon. Unter diesem Namen wurde von M. Bell, Wasserwerksingenieur in Cincinnati (Ohio) 1879 [3]

ein Instrument (s. Fig. 751) erfunden, das dazu dient, mittels des Gehörs die durch Risse oder sonstige undichte Stellen des Rohrnetzes unter Geräusch austretenden Wasserverluste ausfindig zu machen. Zu diesem Zwecke wird der Apparat, der aus der Hörmuschel *a* mit eingelegter Stahlmembrane, aus dem Schaft *b* mit unterer Schraubenspitze *c* und einem oberen feinen Stift besteht, welcher unterhalb der Membrane diese eben berührt, auf ein entweder offen liegendes Rohr direkt unter Anwendung einer an *c* zu schraubenden Verlängerung oder auf einen Schieber- oder Hydrantschlüssel gestellt und das Ohr an die Kautschukmuschel gelegt. Die leisen Geräusche werden durch den Apparat ähnlich wie beim Telephon deutlich hörbar und bei einiger Übung gelingt es in der Regel, die Stelle des Rohrdefektes aufzuspüren. Bei diesen Arbeiten soll ringsum möglichste Ruhe sein, damit die leisen Geräusche aus dem Apparat leichter ins Ohr aufgenommen werden können; deshalb empfiehlt es sich, sie des Nachts vorzunehmen. Auch muß der Standort der Untersuchung öfters gewechselt werden, da die Geräusche leicht zu Täuschungen führen, und erst nach wiederholtem Wechsel wird es möglich sein, den Ort des Defektes zu „lokalisieren", d. h. ihn zwischen zwei Hörstellen zu bringen, von denen aus das Geräusch gleich stark zu vernehmen ist und in deren gleichweiter Entfernung, also in der Mitte zwischen beiden, er zu suchen sein muß. Auf diese Weise sind in den großen amerikanischen Städten Philadelphia, Milwaukee, Buffalo und auch in London zahlreiche Wasserverluste im Rohrnetz aufgefunden worden. Nach [8] werden für das Waterphon Hörstangen aus Eschenholz empfohlen.

Literatur
über Wasserverlustanzeiger.

[1] Muchall, E., Aufsuchen von Undichtigkeiten an Rohrnetzen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 20 (1877), S. 267. — [2] Oesten, Über Wasserverlust und den Wasserverlustanzeiger. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 26 (1883), S. 327. — [3] Bell, Le waterphone. Chron. industr. Bd. 7 (1884), S. 489. — [4] Das Mikrophon. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1886, S. 865, 926. — Schreyer, Mikrophon. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 601. — [5] Meinecke, Wasserverlustanzeiger. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1889, S. 273. — [6] Collins, On the prevention and detection of waste of water. Engineering. Bd. 57 (1894), S. 403. — [7] Erfahrungen beim Aufsuchen von Verlusten im Rohrnetz. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 773 u. 1901, S. 380. — [8] Verhütung von Wasserverlusten. Vortrag Jenkins. Eng. Rec., 28. Juli 1900 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 973 u. 1901, S. 92. — [9] Indicateur-avertisseur de l'écoulement d'un liquide dans une conduite. Rev. ind. Jan. 1900, S. 6. — [10] Wasserverlustbestimmungen in New York. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 173. — [11] Wasserverlustbestimmung in New York mittels des Pitometers. Eng. Rec. 1903, S. 122. — [12] Wasserverlustmesser für Rohrleitungen mittels Venturiröhre. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 210.

l) Verschiedenes.

Es gibt im Wasserversorgungswesen eine Menge Einrichtungen, die nicht allgemein üblich sind, sondern außerordentlichen Zwecken dienen und ihre Entstehung meist besonderen Umständen zu verdanken haben. So z. B. werden da und dort nach einem stattgefundenen Rohrbruch (s. 3), der Verwüstungen anrichtete, eine ganze Reihe von Erfindungen gemacht und patentiert, die selten oder nie zu umfangreicher praktischer Verwendung gelangen; nach kalten Wintern häufen sich die Vorschläge für Apparate zur Verhütung von Frosteinwirkung (s. 5) u. s. f. Alle diese Einrichtungen im Detail zu besprechen ist nicht möglich, da sie vielfach in ihren Wirkungen unbekannt geblieben sind; dagegen sind in den folgenden Zusammenstellungen sowohl die Literatur über Auftauen, Frost und Abstellvorrichtungen in den Nr. [1] bis [61], als auch Patente auf Apparate behufs Anzeige von Rohrbrüchen, Frostschutzvorrichtungen etc. in Nr. 7854 bis 184 302, sowie endlich Patente auf Apparate zum Füllen, Entleeren und Belüften von Leitungen, Entlüften von Hebern u. dgl. in Nr. 23 764 bis 104 291 mitgeteilt. Von Interesse dürften auch die im folgenden unter 1, 2 und 4 näher beschriebenen, bisher nicht erwähnten besonderen Einrichtungen sein:

1. **Verhinderung von Geräuschen in Hauswasserleitungen.** Bei manchen Hausleitungen macht sich aus oft unbekannten Ursachen, meist aber dadurch, daß in der Nähe Wasser aus der Leitung unter Geräusch austritt, ein summender Ton bemerkbar, der, weil er nur im Hause störend auftritt, im öffentlichen Rohrnetz nicht gesucht wird, obwohl die Ursache dort liegen

kann. Nichtsdestoweniger bildet ein derartiges Geräusch oftmals ein Hausübel, gegen das der Hausbesitzer einschreiten muß. Ein sicher wirkendes Mittel, das von außen kommende Geräusch zu verhindern, ist in dem Einschalten einer Strecke dickwandigen Gummischlauches in die Hausleitung (z. B. im Keller) gefunden worden, eines Stücks von sogenannten „Preß- oder Probierschläuchen" (vergl. Fig. 233, S. 150), das dem herrschenden Wasserleitungsdruck dauernd widersteht. Es genügt hierzu bisweilen schon eine Länge von 30 bis 40 Zentimeter, welche direkt an der Eintrittstelle der Leitung ins Gebäudeinnere, etwa hinter dem Wassermesser (vergl. Abt. I, S. 828, Fig. 459), wo sie meist aus Schmiedeisen besteht, zwischen die Röhren geschoben und mit Rohrbandagen fest aufgeklemmt wird (s. Fig. 752). Der Gummischlauch nimmt zufolge seiner elastischen Wandungen das Summen und jeden anderen Ton oder Geräusch als Schwingungen auf (worauf ja das Tönen beruht); diese Schwingungen werden aber nicht wie bei Metallröhren weitergeleitet, sondern im Gummimaterial paralysiert. Legt man die Hand auf das Rohr und auf den Gummischlauch bei der Wassereintrittstelle, so empfindet man deutlich das Vibrieren bis etwa zur Schlauchmitte, ähnlich wie es in der Figur durch die wellenförmige Umhüllungslinie angedeutet ist, die am Anfang des Schlauches ihre stärkere Amplitude zeigt und sich gegen die Mitte des Schlauches verliert. Bleiröhren erfüllen trotz ihrer Nachgiebigkeit den gedachten Zweck nicht, da sie den feinen Schwingungen der Töne nicht im gleichen Maße folgen; dazu ist das Material zu fest und der Ton wird dann im Wasserkörper fortgepflanzt. In der elastischen Gummiwand des Schlauches aber, die dem geringsten Wechsel des Spannungszustandes folgen kann, werden die kleinen Erweiterungen bei den Tonstößen von der Innenhaut direkt aufgenommen, von dieser unter Verlust eines gewissen Energiebetrages an die umliegende Gummischicht, von dieser wieder weiter und immer schwächer bis an die äußerste Haut des Schlauches abgegeben, woselbst die Vibrationen verlangsamt ankommen und keinen Ton mehr hervorbringen.

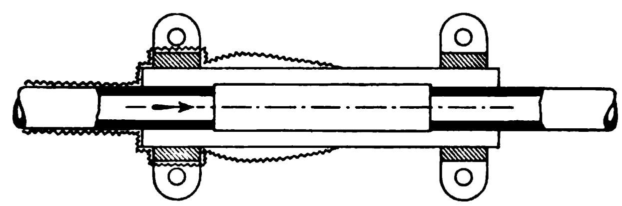


Fig. 752. Vorrichtung zur Beseitigung der Geräusche in Hauswasserleitungen.

2. **Windkessel für Rohrnetze und für Hauswasserleitungen.** Außer den in § 59 bei Besprechung der Wasserkrane und hydraulischen Aufzüge angeführten Windkesseln sind im Wasserversorgungswesen diese früher häufig in Schächten von Hydranten etc. untergebrachten Armaturstücke selten mehr üblich. Der Grund ihrer Nichtanwendung liegt darin, daß sie meist voll Wasser angetroffen werden und sich damit nicht nur unwirksam, sondern infolge leichten Einfrierens der höher gelegenen Windkesselhaube direkt schädlich erweisen. Ihre Einführung hatte den Zweck, die im Rohrnetz enthaltene Luft an bestimmten Punkten zu sammeln und bei den auftretenden Stößen in der Leitung, beim raschen Schließen von Schiebern oder Hydranten (s. S. 472, Fig. 623), als Luftpuffer zu wirken. Solange Luft in den Windkesseln vorhanden war, erfüllten diese auch ihren Zweck. Allein der Luftvorrat verschwand infolge von Strömungen und Wirbelbildung oder bei wechselndem Druck in der Leitung bald und fand seinen natürlichen Ausweg an den Hydranten, Entlüftungen, Steigleitungen der Häuser u. s. w. Die Erneuerung des Luftvorrats wird aber im normalen Betrieb in der Regel nicht von selbst vollzogen, ausnahmsweise geschieht es, wenn bei Anschlüssen u. dgl. ein Teil des Rohrnetzes entleert wird, sich mit Luft füllt und diese sich in den hochgelegenen Punkten des Netzes oder eben in den Windkesselhauben ansammelt. Hie und da werden noch Windkessel in lange Förderleitungen zwischen Pumpstation und Versorgungsgebiet mit dem Rohrstrang eingebaut als Unterstützung der Pumpenwindkessel; sie erhalten dann eine horizontale Lage nach Fig. 492 in § 59. Wir können im übrigen Windkessel nur dort empfehlen, wo die Erneuerung des Luftvorrats entweder selbsttätig vor sich geht oder von Zeit zu Zeit unter Kontrolle vorgenommen wird. So z. B. empfiehlt sich für ersteren Fall an den oberen Enden von Steigleitungen in Häusern mit Wasserklosetten zur Milderung der Stöße bei Benützung der Spülapparate die Anbringung von Windkesseln nach Fig. 753, wovon die links gezeichnete Ausführung für gußeiserne Leitungen, die rechts gezeichnete für schmiedeiserne Rohre mit Gasgewindeanschluß verwendet wird. Bei Steigleitungen tritt fortwährend Luft in kleinen Mengen aus dem Rohrnetz ein und es ist das Mitreißen der Luft durch die Wasserströmung nicht zu befürchten.

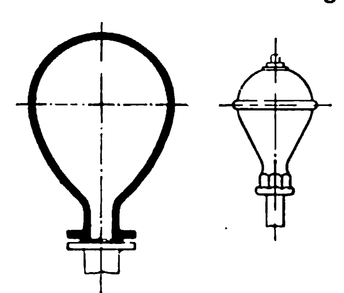


Fig. 753. Windkessel für Steigleitungen in Häusern.

3. **Schutzvorrichtung bei Rohrbrüchen.** Über Rohrbrüche von gußeisernen Wasserleitungen gibt Kullmann [46] eine ausführliche Statistik. Weiteres s. in [8], [50], [56], [57], [59]. Gegen das Eindringen von Wasser und Gas in die Gebäude bei Rohrbrüchen der Hauszuleitungen infolge von Bodensenkungen hat Müller-Bochum unter Patent Nr. 160 858 ein Schutzrohr (Fig. 754) empfohlen, das gleichzeitig den Bruch zur Kenntnis bringen soll. In das Kellermauerwerk des Gebäudes ist ein gußeisernes Rohr *a* von genügender Weite dicht eingelassen und in ihm fest verankert. Dieses Rohr ist nach der Außenseite des Gebäudes hin offen, nach der Kellerseite hin aber durch einen aufgepaßten Deckel *b* dicht verschlossen. Der Deckel *b* trägt Stopfbüchsen *c* und *d* für das Gas- und Wasserleitungsrohr *e* und *f*, welche diese Rohre in bekannter Weise dicht umschließen. An dem Rohr *a* ist außerhalb des Gebäudes ein Stutzen *g* angeordnet, der mit einem eisernen Rohr *h* dicht verbunden ist. Das Rohr *h* ist oben in die Mauer zurückgeführt und mündet hier etwas oberhalb des Erdbodens ins Freie. Die Mündung ist durch ein Sieb *i* verschlossen, damit nicht Steine oder dgl. hineingelangen können. Wenn nun ein Rohrbruch an der Durchtrittstelle erfolgt, so wird das austretende Gas oder Wasser nicht in die Kellerräume des Gebäudes eindringen können; es wird vielmehr daran durch den Rohrverschluß gegen den Keller verhindert, wohl aber wird es durch das Rohr *h* nach oben steigen und ins Freie ausströmen; dort werden Vorübergehende durch den Gasgeruch oder das ausströmende Wasser auf die Undichtigkeit aufmerksam gemacht. Die Vorrichtung ermöglicht also, selbst geringfügige, erst im Entstehen begriffene Brüche sofort zu erkennen und entsprechende Maßnahmen zu treffen.

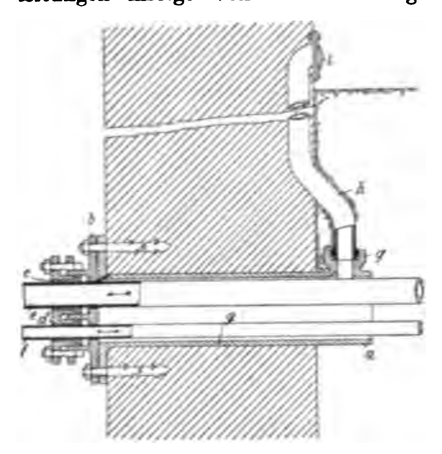


Fig. 754. Schutzrohr bei Rohrbrüchen in Hauswasserzuleitungen.

4. **Schutz der Wasserleitungsröhren gegen Erdströme elektrischer Anlagen.** Es ist seit Jahren im Wasserversorgungswesen die vielfach berechtigte Vermutung aufgetreten, daß Zerstörungen an Rohrleitungen durch die Rückströme elektrischer Straßenbahnen veranlaßt werden. Mit dieser Angelegenheit hat sich eine besondere „Erdstromkommission" befaßt, deren Ergebnisse in [41], [48], [53] und [54] mitgeteilt werden und die besondere Maßregeln zum Schutze der Gas- und Wasserröhren in den „Leitsätzen" enthalten, worauf wir verweisen. Weiteres s. in [11], [13], [14], [16], [17], [18], [21], [23], [24], [25], [26], [29], [30], [31], [33], [34], [35], [36], [39], [47], [49], [60], [61].

5. **Frostschutzeinrichtungen** sind schon bei den Einzelbestandteilen der Wasserversorgungseinrichtungen mehrfach angegeben worden; hauptsächlich kommen in Betracht: wärmeschützende Umhüllungen, Aufstellung der Armaturen in frostfreien Räumen und genügende Erddeckung auf die Rohrleitungen. Bisweilen werden — besonders in England — um wiederholte Aufgrabungen zu vermeiden und Frostsicherheit zu erreichen, sämtliche Röhrenfahrten, Kabel etc. eines Straßenzuges in Tunnel verlegt, worüber [55] eine Übersicht gibt, die bis in die neueste Zeit heraufreicht; vgl. auch Abteil. I, S. 823. Über die Verhütung des Einfrierens von Hauswasserleitungen, besonders bei hydraulischen Aufzügen, die meist in kalten, zugigen Schächten liegen, sei noch mitgeteilt, daß sich hierbei die Aufstellung einer brennenden Erdöllampe auf der tiefsten Sohle des Schachtes bewährt hat, indem die hierdurch erzeugte warme Luft durch den ganzen Schacht und selbst in anstoßende Räume emporsteigt und genügt, um die Temperatur etwas über Null zu halten. Vgl. auch [1], [4], [5], [6], [9], [10], [12], [27], [32], [45], [50], [52], [58]. Weitere Angaben finden sich in den Patentschriften S. 544 f.

Literatur

über Auftau-, Frostschutz- und Abstellvorrichtungen, vagabundierende Ströme etc.

[1] Über Vorkehrungen, das Einfrieren des Wassers in Wasserleitungsröhren zu verhüten. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1876, S. 245. — [2] Fried, Anwendung elektrischer Ströme zum automatischen oder mechanischen Öffnen und Schließen von Wasserventilen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. Bd. 23 (1880), S. 282. — [3] Oelrichs, Wasserleitungsapparate auf der Berliner Gewerbeausstellung. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1880, S. 201. — [4] Hasenkamp, Vorrichtungen zur Verhütung des Platzens von Wasserleitungen. D. R.-G.-M. 15 940 u. 16 225. Uhl. Techn. Rundschau. 1895, S. 84. — [5] Auftauen gefrorener Wasserleitungen mittels elektrischen Stromes. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1899, S. 343. — [6] Electricity for frozen water pipes. Eng. Rec. März 1899, S. 297. — [7] Elektrisch betätigter Absperrhahn für Wasserleitungen. Gesundh.-Ingen. 1899, S. 77. — [8] Beim Rohrbruch sich selbsttätig schließende Ventile. Gesundh.-

Ingen. 1899, S. 173. — [9] Eiselevator für die Sandfilter zu Lawrence, Mass. Eng. Rec. 9. Dez. 1899. — [10] Frostbeständige Wasserleitungsröhren (Einschalten flacher Stücke). Zentralbl. der Bauverwaltung. 10. Febr. 1900. — [11] Über die elektrolytische Zerstörung der Rohrleitungen durch vagabundierende Ströme. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 265. — [12] Wasserschöpfmündung mit elektrischer Heizung zur Verhütung der Bildung von Eisnadeln. Engineering. 20. April 1900. — [13] Über Graphitbildungen in Wasserleitungsröhren durch elektrolytische Zersetzung. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 381. — [14] Elektrolyse durch vagabundierende Ströme. Street-Railway Journ. 1900, S. 396. — [15] Desinfizierung eines Wasserrohrnetzes. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 488. — [16] Über die elektrolytischen Zerstörungen durch Rückströme der elektrischen Bahnen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1900, S. 896. — [17] Übertragung elektrischer Starkströme durch einen Hydrantwasserstrahl (Versuche negativ). Elektrotechnischer Anzeiger. 1900, S. 3185. — [18] Die vagabundierenden Ströme und ihre Gefahren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 131. — [19] Reuther, C., Mitteilungen über den jetzigen Stand der Konstruktion von Armaturen für Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 359. — [20] Abpressen eines Wasserrohrnetzes. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 424. — [21] Elektrolytische Zerstörungen der Gas- und Wasserröhren durch vagabundierende Bahnströme. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 448. — [22] Beielstein, Die Installation der Warmwasseranlagen. Leipzig 1900. — [23] Untersuchungen über die Gefährdung städtischer Rohrnetze durch vagabundierende Ströme. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1901, S. 508. — [24] Elektrische Messungen an städtischen Rohrnetzen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 723. — [25] Über elektrische Zerstörungen von Röhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 802. — [26] Wasserwerke gegen elektrische Straßenbahnen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1901, S. 823. — [27] Einfrieren von Wasserleitungen. Zeitschr. „Das Wasser". 1901, Heft 6, S. 83. — [28] Sanitäre Beaufsichtigung städtischer Wasserversorgungsanlagen in Boston. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 12. — [29] Elektrolyse durch vagabundierende Ströme. The Electr. World and Eng. 1901, S. 267. — [30] Messungen von vagabundierenden Strömen in Gas- und Wasserrohren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 231. — [31] Die vagabundierenden Ströme im Jahre 1902. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1902, S. 957. — [32] Elektrisches Auftauen von gefrorenen Wasserleitungsröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1903, S. 255 u. 1904, S. 871. — [33] Zerstörungen durch vagabundierende Ströme. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 549. — [34] Rohrzerstörungen durch die Straßenbahnen Hamburgs. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 849. — [35] Die Gefahren der vagabundierenden Ströme. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 955 u. 1032. — [36] Getrennte oder gemeinsame Leitungen von Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerken in mittleren Städten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 937 u. 956. — [37] Ejektoren an Wasserleitungen (Verunreinigung durch Hochdruckwasserleitung). Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1903, S. 836 u. 896. — [38] Anschluß der Wasserleitung als Speisereserve für Dampfkessel. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1904, S. 245 u. 723. — [39] Untersuchungen über vagabundierende Ströme in Genf. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 549. — [40] Die Überbrückung des Sudburyflusses durch die Weston-Wasserleitung in Boston. The Eng. Rec. 1904, S. 480. — [41] Bericht der Erdstromkommission. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1904, S. 684 u. 1905, S. 145 u. 773. — [42] Anwendung der elektrischen Leitfähigkeit bei der Überwachung der Quellwässer in Paris. Revue d'Hygiène. 1904, S. 962. — [43] Leuchtgasexplosion in einem Pumpschacht von 45 Meter Tiefe. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 114. — [44] Rechenschieber zur Ermittlung des Röhrendurchmessers für Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 246. — [45] Electrical thawing of frozen water pipes. Von Sammet. El. World. 18. März 1905, S. 515. — [46] Kullmann, H., Statistik über Rohrbrüche an gußeisernen Wasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 3. Nov. 1906. — [47] Michalke, Dr. Karl, Die vagabundierenden Ströme elektrischer Bahnen. Braunschweig 1906. — [48] Bericht der Erdstromkommission. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 620. — [49] Die vagabundierenden Straßenbahnströme und die durch sie bedingte Gefährdung des Rohrnetzes in der Stadt Karlsruhe i. B. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 637. — [50] Störung der Gasleitung durch Wasserrohrbruch bei Frost in Karlsbad. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 649. — [51] Über Erhöhung des Druckes in Wasserleitungen mittels Strahlapparaten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1906, S. 944. — [52] Frostschutz von Wasserröhren. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 57. — [53] Zum Bericht der Erdstromkommission. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 217 u. 661. — [54] Leitsätze für Maßregeln zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkungen der Rückströme elektrischer Gleichstrombahnen, welche die Schienen als Rückleitung benützen. (Aufgestellt im Juni 1906.) Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 223. — [55] Pipe subways in British cities and in Paris. Eng. News. März 1907, S. 280. — [56] Rohrbrüche durch Stöße in den Leitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 780. — [57] Litten, Die Rohrbrüche in Halle a. S., ihre Ursache und Remedur. Halle 1907. — [58] Apparat zur Ver-

hütung des Einfrierens von Hauswasserleitungen. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 70. — [59] Schadenersatzpflicht des Wasserwerks bei einem Rohrbruch in Witten. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 143. — [60] Elektrolytische Zerstörung unterirdischer Metallrohrleitungen durch die Rückströme elektrischer Straßenbahnen. Journ. des Usines à Gaz. 1907, Heft 10—15 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1908, S. 207. — [61] Erdströme und Rohrleitungen. American Gas Light Journ. 20. Jan. 1908 u. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 276.

Deutsche Reichspatente

für Anzeigevorrichtungen von Rohrbrüchen, Apparate für Frostschutz etc.

Nr. 7854. Vorrichtung zum Verhindern des Platzens von Wasserleitungsröhren beim Einfrieren und zum Auftauen gefrorener Rohre. Vogdt. — Nr. 10 399. Mittel zur Verhütung der schädlichen Folgen bei Rohrbrüchen an Hauswasserleitungen. Weisbarth. — Nr. 10 520. Apparat zum selbsttätigen Entleeren der Wasserleitungsröhren bei Frost. Fried. — Nr. 10 994. Apparat zur Verhütung des Einfrierens der Wasserleitungen in Wohnhäusern. Rouvel. — Nr. 11 302. Rohrwärmer für Wasserleitungen. Petersen. — Nr. 14 906. Neuerungen an dem durch Patent Nr. 11 302 geschützten Rohrwärmer. Hinkel & Trupp. — Nr. 23 246. Ausfütterung von Wasserleitungsröhren mit Gummiröhren oder anderem elastischen Material zum Verhüten des Platzens. Böttner. — Nr. 25 174. Apparat zur Prüfung der Dichtigkeit von Druckwasserleitungen. Muchall. — Nr. 31 996. Kontrollapparat für Hauswasserleitungen. Schneider. — Nr. 38 948. Einrichtung zum selbsttätigen Absperren von Wasserleitungen bei Frost. U. St. Anton. Water-Cut-Off. Co. — Nr. 43 536. Vorrichtung zum Abstellen und Anzeigen von Rohrbrüchen bei Hauswasserleitungen. Eschebach & Haußner. — Nr. 47 106. Durch Wasserdruck schließendes Ventil mit Entwässerungsvorrichtung. Grasmeyer-Strauß. — Nr. 50 465. Verfahren zum Auftauen von Rohrleitungen. Groenewald. — Nr. 53 083. Vorrichtung zum selbsttätigen Absperren von Wasserleitungen. Rotten. — Nr. 53 144. Entwässerbare Hauswasserleitung. Roacke. — Nr. 53 306. Entwässerungsvorrichtung für Hauswasserleitungen. Rathcke. — Nr. 57 636. Einrichtung zum selbsttätigen Abstellen der Wasserleitungen bei Rohrbrüchen. Lossen. — Nr. 58 519. Elektrischer Anzeiger für Wasserleitungsrohrbrüche. Niepoth. — Nr. 58 526. Ferneinrichtung zum Öffnen des Haupthahns und Entleeren der Wasserleitung beim Schließen des Haupthahns. Massot & Werner. — Nr. 61 315. Vorrichtung zur Verhütung von Frostschäden bei Wasserleitungen. Stübben. — Nr. 64 725. Leitungsrohr mit Auftauvorrichtung. Reßler. — Nr. 64 940. Rohrwärmer für Wasserleitungen zur Verhinderung des Einfrierens. Hillig. — Nr. 64 996. Vorrichtung zum selbsttätigen Schließen, Öffnen und Entleeren von Wasserleitungen bei bestimmten Temperaturen. Jaeger & Kamprath. — Nr. 65 094. Vorrichtung zur Verhinderung von Überflutungen infolge Platzens von Wasserleitungsröhren. Bergmann. — Nr. 70 117. Tragbarer Dampferzeuger zum Auftauen von Rohrleitungen. Müller. — Nr. 71 101. Vorrichtung zum Absperren von Wasserleitungen bei Rohrbrüchen auf elektrischem Wege. Binner. — Nr. 71 397. Einrichtung zum Verhüten des Einfrierens von Wasserleitungsröhren bezw. zur selbsttätigen Entleerung derselben nach jeder Wasserentnahme. Proett. — Nr. 71 521. Vorrichtung zur Verhütung des Einfrierens von Wasserleitungsröhren. Roesky. — Nr. 72 955. Vorrichtung zum Anzeigen des Einfrierens von Rohrleitungen. Trost. — Nr. 76 570. Kontrollvorrichtung für die Dichtheit der Rohrleitungen. Berg. — Nr. 77 378. Selbsttätiges Absperren bei Rohrbruch. Harff. — Nr. 79 451. Selbsttätiges Absperrventil. Großmann. — Nr. 79 481. Vorrichtung zum Verhüten des Einfrierens von Wasserleitungen. Graul. — Nr. 79 829. Auf Zeit einstellbare Vorrichtung zum selbsttätigen Öffnen und Schließen von Hauswasserleitungen. Dorfmüller. — Nr. 79 830. Selbsttätige Entwässerungsvorrichtung für Hauswasserleitungen. Rathke. — Nr. 81 459. Vorrichtung zur Verhütung des Einfrierens von Wasserleitungen. Schröder. — Nr. 85 728. Elektrisch betätigter Absperrhahn. Butzke. — Nr. 85 916. Verfahren und Vorrichtung zur Verhinderung des Zufrierens von Wasserbehältern. Davis. — Nr. 86 005. Vorrichtung zur Vermeidung der Stöße und zur Anzeige von Undichtigkeiten in Wasserleitungen. Rempel. — Nr. 87 540. Vorrichtung zur Verhütung des Einfrierens von Wasserleitungen. Meyer. — 87 643. Rückschlagsicherheitsventil. Dorandt. — Nr. 89 679. Vorrichtung zum Abschließen des Haupthahns bei Rohrbruch. Funck. — Nr. 90 818. Verhinderung des Einfrierens von Flüssigkeit mittels Pressluft. Stevens. — Nr. 93290. Eine Ausführungsform der Vorrichtung zur Verhütung des Einfrierens von Wasserleitungen. Fehmer-Fricke. Nach Nr. 81 459. — Nr. 93 336. Vorrichtung zum Absperren von Wasserleitungen bei Frost. Duell. — Nr. 93 380. Vorrichtung zur Verhütung des Einfrierens von Wasserleitungen. Komet. — Nr. 99 973. Elektrisch betätigter Absperrhahn für Wasserleitungen. Butzke. — Nr. 102 175. Vorrichtung zur Verhütung der Beschädigung von Gefäßen beim Gefrieren durch schwache Hohlkörper. Goltstein. — Nr. 105254. Vorrichtung zur Untersuchung der Dichtheit von Abflußrohrleitungen durch Einpumpen starkriechender Substanzen. Hammond & Pickles. — Nr. 105 440. Vorrichtung zur selbsttätigen Verhütung des Einfrierens von Leitungswasser. Schratzenstaller. —

Desgl. Nr. 105 709. Metallstange, die sich verkürzt! — Nr. 105 812. Neue Ausführungsform für 105 440. — Nr. 114 280. Vorrichtung zur Verhütung der Beschädigung von Gefäßen beim Gefrieren ihres flüssigen Inhalts. Goltstein. Zusatz zu Nr. 93 728. — Nr. 115 196. Vorrichtung zur Verhinderung des Platzens der Wasserleitungsröhren beim Gefrieren des Wassers. Moormann. — Nr. 126 550. Einrichtung, um das Einfrieren von Wasserleitungen zu verhindern. Rühling. — Nr. 127 107. Einrichtung zur Verhütung des Einfrierens von Wasserleitungen. Mosler. — — Nr. 130 813. Vorrichtung zum Absperren von Wasserleitungen u. dgl. mittels Druckluft oder Gas. Weiß. — Nr. 131 522. Kochsalzpatronen zum Auftauen von Hauswasserleitungen. Krauß. — Nr. 136 815. Wasserverlustmesser für Rohrleitungen. Bucerius. — Nr. 148 730. Verfahren zur Untersuchung von Flüssigkeitsströmungen in Röhren. Wagener. — Nr. 154 389. Druckluftflüssigkeitsheber. Grumbach. — Nr. 155 210. Elektromagnetisch bewegte Abstellvorrichtung für Rohrleitungen. Grünthal. — Nr. 158 074. Vorrichtung zur Verhinderung des Einfrierens von Wasserleitungen mittels Heizlampe. Germann. — Nr. 158 524. Vorrichtung zur Verhütung des Einfrierens von Wasserleitungen. Bondy. — Nr. 174 310. Vorrichtung zur Entwässerung von Hausleitungen. Wittig. — Nr. 184 302. Als Feuerlöscher verwendbarer Trinkwasserbehälter. v. Schalscha-Ehrenfeld.

Deutsche Reichspatente

für Apparate zum Füllen und Entleeren, Entlüften von Hebern und Belüften der Leitungen.

Nr. 23 764. Vorrichtung zum Zurückhalten von Unreinigkeiten im Wasser bei Wasserleitungen. Kröger. — Nr. 23 800. Entwässerungshahn für Schläuche. Schneider. — Nr. 34 340. Apparat zum selbsttätigen Festsetzen der Grenze für die Entnahme von Flüssigkeiten aus Leitungen. Kaiser. — Nr. 34 753. Vorrichtung zum selbsttätigen Entlüften von Hebern. Goetz. — Nr. 38 933. Wasserbehälter für Haushaltungen. Krisch. — Nr. 42 590. Einrichtung an Wasserleitungsröhren, um Bewegungen des in denselben befindlichen Wassers anzuzeigen. Kriker. — Nr. 43 924. Vorrichtung zur Aufrechterhaltung derselben verhältnismäßigen Durchflußmenge in einem Haupt- und einem abgezweigten Nebenrohre. Barton. — Nr. 44 324. Vorrichtung zur Verhinderung des Überlaufes von Wasserleitungsausgüssen. Weber. — Nr. 45 110. Hauswasserleitung mit Entwässerung der Steigrohre. Kertsch. — Nr. 51 130. Einrichtung zum Einlassen von Luft in eine sich entleerende Leitung. Erbrecht. — Nr. 54 294. Einrichtung zum Füllen und Entleeren von Behältern mittels Druckwasserleitung. Bernhard. — Nr. 56 284. Ausgußbecken mit beim Aufsetzen eines Gefäßes sich öffnenden Wasserleitungsventil. Seydel. — Nr. 56 286. Speisevorrichtung für Behälter, deren Flüssigkeitsförderung dadurch unterbrochen wird, daß der Behälterschwimmer durch eine freie Öffnung der Behälterwand mit dem Steigventil der Speisevorrichtung direkt verbunden ist. Noll. — Nr. 59 969. Einrichtung, um den Flüssigkeitsstand eines aus einem größeren Behälter sich füllenden Behälters stets auf gleicher Höhe zu halten. Erichsen. — Nr. 72 844. Hauswasserleitung mit Druckluftbetrieb. — Nr. 81 164. Apparat zur Behandlung von Flüssigkeiten mit Gasen. Vivieu. — Nr. 82 095. Vorrichtung zur Regelung des Wasserausflusses bei wechselndem Druck in der Leitung mittels Gummiballons und Gummiröhren. v. Mairhofen. — Nr. 84 210. Vorrichtung zur Abgabe gleichbleibender Flüssigkeitsmengen aus einer Leitung. Fuchs. — Nr. 104 291. Wasserabflußrohr mit seitlichem Reinigungsstutzen. Helm.

